



# Redes regionales de conocimiento e innovación

El caso del sector primario  
en el estado de Sonora

Alvaro Bracamonte Sierra · Jorge Inés León Balderrama  
Coordinadores



# Redes regionales

de conocimiento e innovación

El caso del sector primario  
en el estado de Sonora

---

Catalogación en la fuente (CIP) DDB/COLSON

Bracamonte Sierra, Alvaro

Redes regionales de conocimiento e innovación : el caso del sector primario en el Estado de Sonora / Alvaro Bracamonte Sierra, Jorge Inés León Balderrama.– Hermosillo, Sonora, México : El Colegio de Sonora : Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, 2015.

287 páginas ; 23 cm.

Incluye referencias bibliográficas y anexos

ISBN: 978-607-7775-80-5 (COLSON)

ISBN: 978-607-7900-21-4 (CIAD)

1. Redes de información – Investigación – Sonora 2. Administración del conocimiento – Sonora 3. Agricultura – Innovaciones tecnológicas – Sonora 4. Redes sociales en línea – Aspectos sociales – Sonora – Hermosillo 5. Ganado porcino – Industria y comercio – Sonora I. León Balderrama, Jorge Inés, autor.

LC: HD1795.M6 .B73

---



ISBN: 978-607-8480-05-0 (PDF, El Colegio de Sonora)

El Colegio de Sonora  
Doctora Gabriela Grijalva Monteverde  
Rectora

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.  
Doctor Pablo Wong González  
Director General

Doctor Nicolás Pineda Pablos  
Director de Publicaciones no Periódicas

Doctor Sergio A. Sandoval Godoy  
Presidente del Comité Interno Científico Editorial de  
Publicaciones (CICEP)

Licenciada Inés Martínez de Castro N.  
Jefa del Departamento de Difusión Cultural

ISBN: 978-607-7900-21-4

ISBN: 978-607-7775-80-5

D. R. © 2015 Centro de Investigación  
en Alimentación y Desarrollo, A. C.  
Carretera a la Victoria Km. 0.6  
Apdo. Postal 1735  
Hermosillo, Sonora, México  
C. P. 83304

D.R. © 2015 El Colegio de Sonora  
Obregón 54, Centro  
Hermosillo, Sonora, México, C. P. 83000  
<http://www.colson.edu.mx>

<http://www.ciad.mx>

Hecho en México / *Made in Mexico*

INTRODUCCIÓN GENERAL	
Alvaro Bracamonte Sierra	
Jorge Inés León Balderrama.....	4
PARTE I. SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO Y SISTEMAS DE INNOVACIÓN.....	8
CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE SONORA	
Jorge Inés León Balderrama	
Cuitláhuac Valdez Lafarga	
Pablo Wong-González.....	9
EL TERRITORIO INFORMACIONAL Y LA SOCIEDAD DE CONOCIMIENTO. EXPERIENCIAS DE <i>LOCATIVE MEDIA</i> Y MOVILIDAD DE LA INFORMACIÓN EN HERMOSILLO, SONORA	
María del Socorro Arvizu.....	38
PERCEPCIÓN DE ESTUDIANTES DE CIENCIAS NATURALES ACERCA DE LA PERTINENCIA SOCIAL DE SUS PROGRAMAS DE POSGRADO	
Ángel Alberto Valdés Cuervo	
Lydia Esther Martínez Ortega	
José Ángel Vera Noriega.....	54
PARTE II. CAPACIDADES, TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS Y REDES DE CONOCIMIENTO EN EL SECTOR PRIMARIO DE SONORA.....	67
TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS EN LA AGRICULTURA SONORENSE: EL CASO DEL TRIGO EN EL VALLE DEL YAQUI	
Iris Valenzuela Gastélum	
Alvaro Bracamonte Sierra.....	68
INTERMEDIARIOS DE INNOVACIÓN EN EL SISTEMA TRIGO DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA	
María Cristina Garza Lagler.....	88
MODERNIZACIÓN PRODUCTIVA, TECNOLÓGICA Y COMERCIAL EN LA AGRICULTURA DE LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA	
Juan Luis Hernández Pérez.....	101
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN LA INDUSTRIA PORCÍCOLA SONORENSE	
Julio Alfonso Morales Mendívil	
Alvaro Bracamonte Sierra.....	119
REDES DE TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO Y SU IMPACTO EN LA INNOVACIÓN: UN ESTUDIO DE LA INDUSTRIA ACUÍCOLA DE SONORA MEDIANTE ANÁLISIS DE REDES SOCIALES (ARS)	
Lydia Venecia Gutiérrez López	
Jorge Inés León Balderrama	
Juan Martín Preciado Rodríguez.....	140

## INTRODUCCIÓN GENERAL

La causalidad entre el conocimiento y la competitividad adquiere con el paso del tiempo mayor aceptación; dicha correlación se afianza a partir de la convergencia de dos acontecimientos: la revolución de la información y la globalización económica. Ambos procesos han conducido a que la dinámica de la economía contemporánea dependa de empresas y corporaciones de base tecnológica germinadas en entornos favorecedores de la innovación y la generación de nuevo conocimiento.

El conocimiento y la innovación son conceptos estrechamente vinculados aunque diferentes. El segundo incluye al primero; el conocimiento puede concebirse sin implicar necesariamente prácticas innovadoras; para que esto ocurra es indispensable que el nuevo conocimiento se materialice, es decir que se trasmute en un cambio en el producto, en el proceso productivo o bien se refleje en el ámbito organizativo de la firma.

Para ello es imprescindible establecer una continua y duradera interacción entre la generación del conocimiento y la producción-organización de la industria; igualmente es crucial implantar plataformas institucionales que incentiven la incubación de conocimiento y la apropiación del mismo por parte de las empresas. En esas condiciones los sistemas de innovación, cuando funcionan eficientemente, se convierten en una importante fuente de producción y transferencia de saberes, especialmente en el momento en que los actores de dicho sistema interactúan en redes dado que éstas tienen la virtud de potenciar la capacidad de innovación de las firmas localizadas en ambientes territoriales que promueven fluidas relaciones empresariales.

Es conveniente señalar que el vínculo conocimiento-innovación no se reduce a la producción de bienes y servicios sino incluye otras esferas de la economía y la sociedad. Las nuevas tecnologías de la información favorecen novedosas expresiones de convivencia social como las que se registran en el llamado territorio informacional, que no es otra cosa más que la comunicación que se da a través de dispositivos electrónicos (teléfonos inteligentes, tablets, laptops, etcétera) y cualquier forma de intercomunicación derivada del desarrollo de las TIC (tecnologías de la información y las comunicaciones).

El creciente uso y aplicación de las TIC en el ámbito de las relaciones sociales y la producción le imprime una impronta específica a la denominada sociedad del conocimiento; podría decirse que ninguna actividad económica y ningún sector poblacional son ajenos a las tendencias referidas. Sin embargo, la revolución de la información ha impactado particularmente a la industria manufacturera cuya actividad se ha globalizado al aprovechar los beneficios que conlleva la aplicación de las tecnologías de la información, especialmente en materia de reducción de costos de transacción y disminución de la incertidumbre que habitualmente distingue a las economías de mercado. Lo mismo puede decirse del sector financiero que es la actividad más globalizada del mundo lo cual no podría entenderse sin el concurso de las tecnologías de la información.

Aunque el sector primario no es el buque insignia de la transformación emanada de la aplicación de las TIC a los procesos productivos, exhibe grandes avances sustentados en el nuevo conocimiento y la innovación lo que ha permitido a algunas regiones agropecuarias mejorar y fortalecer sus ventajas competitivas. Este libro es justamente una compilación de textos centrados, en su mayoría, en analizar las repercusiones que la

innovación y las tecnologías han tenido en la actividad primaria del estado de Sonora, entidad cuya actividad agropecuaria es ampliamente reconocida por su alto nivel tecnológico y dinámica innovativa.

El propósito explícito que animó a los responsables de esta compilación fue indagar si a partir del marco conceptual inspirado en la Economía de la Innovación, es decir del enfoque de la Economía Evolutiva e Institucionalismo Económico, es posible determinar el papel del conocimiento en la configuración del nuevo agro sonorenses. Entre los conceptos más importantes referidos a lo largo de los capítulos del libro, destacan los de sistemas y redes de innovación, la capacidad de absorción, el aprendizaje y las trayectorias tecnológicas; en ellos descansa la parte medular de los abordajes teóricos utilizados por los colaboradores para respaldar sus reflexiones empíricas. El texto se organiza en dos secciones. La primera “Sociedad del Conocimiento y Sistemas de Innovación” se integra de tres capítulos que abordan expresiones particulares de una nueva dinámica social y económica marcada por el acelerado desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación.

La sección inicia con un análisis del sistema científico local realizado por Jorge Inés León Balderrama, Cuitláhuac Valdéz Lafarga y Pablo Wong González titulado “Caracterización y evaluación de la eficiencia del sistema de ciencia, tecnología e innovación en Sonora”; en él los autores plantean las potencialidades y limitantes del sistema científico en la entidad a través de un ejercicio de clasificación nacional que parte de las asimetrías de origen como precondition para entender la innovación; entre ellas destacan los recursos, las características de la estructura económica y los resultados obtenidos en el sector de ciencia, tecnología e innovación (CTI). Posteriormente realizan una evaluación de la eficiencia del sistema de CTI estatal aplicando un análisis de la eficiencia técnica (insumo-producto) que utiliza el método de la envolvente de datos (DEA). Los resultados obtenidos aportan información valiosa acerca del desempeño de Sonora y las demás entidades federativas en materia de innovación.

En el segundo capítulo, María del Socorro Arvizu expone una sugerente descripción de las experiencias de comunicación asociadas al uso de dispositivos tecnológicos inteligentes. En el capítulo “El territorio informacional y la sociedad del conocimiento. Experiencias de *locative media* y movilidad de la información en Hermosillo Sonora” Arvizu examina el rol que el desarrollo del territorio informacional juega en el afianzamiento de una sociedad del conocimiento en la ciudad Hermosillo, Sonora, previo a lo cual puntualiza y documenta algunas prácticas de la gestación del territorio informacional a nivel nacional e internacional.

En el tercer capítulo, Ángel Alberto Valdés Cuervo, Lydia Esther Martínez Ortega y José Ángel Vera Noriega tocan un aspecto muy sensible de la sociedad del conocimiento: la formación de los profesionistas a nivel posgrado. En su estudio “Percepción de estudiantes de ciencias naturales acerca de la funcionalidad de sus programas de posgrado para su inserción en la sociedad del conocimiento” los autores afirman que la formación recibida es relativamente ajena a las necesidades resultantes de la nueva dinámica impuesta por la economía anclada en el conocimiento, ya que a pesar de existir contenidos asociados a ella éstos quedan desaprovechados debido a las evidentes carencias relacionadas con la gestión y la comercialización. Esto lo deducen luego de entrevistar a doctorantes de ciencias naturales de universidades públicas de Sonora, quienes visualizan como oportunidades de trabajo las instituciones de educación (públicas o privadas) pero no mencionan la creación de empresas de base tecnológica como alternativa de inserción al sector productivo. Los autores proponen el diseño de estrategias para mejorar la funcionalidad de los posgrados, con el fin de integrar a los estudiantes en la sociedad del conocimiento y vincular los posgrados con actores del sistema de innovación de la región.

En la segunda sección, “Capacidades, Trayectorias Tecnológicas y Redes de Conocimiento en el sector primario de Sonora” se analizan temas particulares vinculados estrechamente al agro sonorenses a través del marco conceptual desprendido de la Economía Evolutiva. Se integra de cinco capítulos: en el primero Iris Valenzuela Gastelum y Alvaro Bracamonte Sierra revisan la evolución de la agricultura regional enfocándose primordialmente en los productores de trigo del Valle del Yaqui en el sur de Sonora; en su trabajo “Trayectorias tecnológicas en la agricultura sonorenses: el caso del trigo en el valle del Yaqui” los autores sugieren que el avance tecnológico iniciado en torno a este cultivo en la región del Valle del Yaqui desde

mediados de la década de los años cuarenta y que derivó en el desarrollo de la Revolución Verde, configura un sendero tecnológico relevante que requiere analizarse dada su importancia no solo para la economía local y nacional sino sobre todo por la influencia que ha tendido en el rumbo del desarrollo científico y tecnológico en materia agropecuaria. Así, con base en el análisis de trayectorias tecnológicas, caracterizan el sendero tecnológico observado en el cultivo del cereal de la región del Valle del Yaqui y subrayan su asociación con diferentes modalidades de innovación técnica.

En “Los intermediarios de la innovación en el sistema trigo del Valle del Yaqui, México”, Cristina Garza Lagler caracteriza las funciones del agente que actúa como intermediario entre la oferta y la demanda de conocimiento agrícola en el sistema trigo del Valle del Yaqui. Propone que los niveles elevados de producción y rendimientos surgidos de la aplicación de tecnologías eficientes que caracterizan a esta región, se explican por la fluida interacción de los productores con instituciones académicas, principalmente con el Instituto Nacional de Investigación Forestal (INIFAP) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT); el espacio de encuentro, esto es el organismo vinculante, es el Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora (PIEAES). La caracterización de este proceso de interacción se fundamentó en entrevistas realizadas a actores clave del sistema trigo que permitieron identificar prácticas, percepciones y evaluaciones del PIEAES. Los resultados muestran que este patronato cubre una amplia gama de las funciones de intermediación de la innovación que son reportadas en la literatura.

Por su parte, Juan Luis Hernández Pérez, en “Modernización productiva, tecnológica y comercial en la agricultura de la costa de Hermosillo” analiza la transformación productiva del agro en la región costera del municipio de Hermosillo Sonora, la cual exhibe una sólida posición competitiva lograda con la aplicación de eficientes paquetes tecnológicos que hacen más eficaz la utilización de los recursos disponibles, que dicho sea de paso son escasos particularmente el agua. El autor señala que la modernización se ha reflejado en notables incrementos en la productividad gracias a que los productores han diversificado el patrón de cultivos y promovido un sustantivo salto tecnológico con base en la innovación, lo que ha posibilitado la incorporación y adaptación de nuevas tecnologías para la producción y comercialización de la cosecha.

La segunda sección concluye con dos capítulos que revisan dos ramas productivas de intenso dinamismo: la acuicultura y la porcicultura. Ambas presentan una notable expansión derivada de la capacidad tecnológica acumulada en los últimos años. Julio Alfonso Morales Mendivil y Alvaro Bracamonte Sierra abordan el desarrollo y expansión del subsector porcícola de Sonora cuyos productos se distinguen por su calidad y diversificación, lo que les permite una presencia importante en mercados tan competitivos como el asiático. Para explorar esta experiencia los autores de “Capacidad de absorción y transferencia tecnológica en la industria porcícola sonorensis” hacen referencia a los conceptos de capacidad de absorción y transferencia tecnológica como elementos explicativos del éxito exportador. Parten de que el conocimiento genera nuevo conocimiento y éste a su vez provoca y suscita el desarrollo de capacidades de absorción que facilitan a las empresas adaptarse rápidamente a las exigencias de los consumidores ubicados en los mercados internacionales. Con esa premisa y apoyados en la información obtenida a través de la aplicación de un cuestionario, establecen las coordenadas que produce la competitividad porcícola de la entidad.

Finalmente, el capítulo “Redes de transferencia de conocimiento y su impacto en la innovación: un análisis de la industria acuícola de Sonora mediante el análisis de redes sociales (ARS)” de Lydia Venecia Gutiérrez López, Jorge Inés León Balderrama y Juan Martín Preciado Rodríguez, constituye una contribución al análisis empírico del impacto de las relaciones en red sobre la innovación tecnológica en los sistemas productivos locales. En particular se revisa el entramado de flujos de conocimiento (redes de conocimiento), su configuración y su efecto sobre el desempeño innovativo de las plantas acuícolas del estado de Sonora. Los autores utilizan información de una muestra de 33 granjas de cultivo de camarón obtenida mediante entrevistas estructuradas. El riguroso proceso metodológico aplicado les permitió identificar que la innovación de las empresas acuícolas locales, tanto en la mejora y desarrollo de producto y procesos, es influida en mayor medida por la diversidad de fuentes de información disponibles por las firmas. Asimismo,

los resultados indican que la posición de las empresas dentro de la red de conocimiento y la “fortaleza” de sus vinculaciones son factores que también influyen en la innovación, aunque en menor medida.

Finalmente una reflexión de conjunto: los temas abordados son una muestra de la densidad que ha adquirido la agenda innovativa en el estado de Sonora. Especialmente relevante es el protagonismo que tiene en el sector primario donde la posición competitiva de varios giros productivos se ha consolidado con la introducción de mejoras tecnológicas. Al mismo tiempo, es una muestra de la capacidad y madurez analítica de los académicos adscritos a diferentes centros de investigación de la región y es, igualmente, un ejemplo de colaboración interinstitucional habida cuenta de que esta obra no hubiera sido posible sin el esfuerzo conjunto del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo y El Colegio de Sonora. Ojalá que las conclusiones y hallazgos sirvan para que las autoridades encargadas de la política científica y tecnológica del estado y los responsables de la política de fomento sectorial formulen programas y acciones concretas que consoliden las ventajas competitivas de la economía sonorenses, fundamentalmente las de los sectores estudiados en esta compilación.

Alvaro Bracamonte Sierra  
Jorge Inés León Balderrama

# PARTE I

## SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO Y SISTEMAS DE INNOVACIÓN

# CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE SONORA

Jorge Inés León Balderrama<sup>1</sup>  
Cuitláhuac Valdez Lafarga<sup>2</sup>  
Pablo Wong-González<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

En México, como en sus entidades federativas, existe un reconocimiento creciente de los gobiernos, la academia y el sector privado sobre la importancia central de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) como pilares del desarrollo económico y social.

El sistema de CTI en México, en los últimos años, ha logrado avances considerables aunque no los suficientes en las capacidades. El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de México está compuesto por un considerable número de actores, entre los que destacan universidades, sector productivo, centros de investigación, instituciones gubernamentales e instituciones intermedias, los cuales no están bien articulados, pues muchos de los vínculos entre ellos son débiles o inestables. Sin duda, uno de los principales es el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que juega un papel central en el Sistema Nacional de CTI, ya que coordina el diseño e implementación de las políticas nacionales de CTI, y es el intermediario entre el gobierno y los científicos, así como entre el gobierno y las empresas.

Además, el entorno institucional alrededor de las actividades de CTI ha cambiado desde comienzos de este siglo. Las leyes de Ciencia y Tecnología de 1999 y 2002, y las reformas de 2009, junto con otras reformas relacionadas (por ejemplo, un presupuesto de CTI integrado, una mayor autonomía y las posibilidades de auto financiamiento de los centros de investigación) han producido cambios institucionales favorables para la articulación del Sistema Nacional de CTI. Sin embargo, el desarrollo de éste en México se ha enfrentado a diversos factores que frenan su avance, entre los que Dutrénit et al. (2010) y OCDE (2009) destacan:

- En primer lugar, un rasgo de este sistema es la baja asignación presupuestaria pública y privada, reflejada en un débil compromiso político con la CTI, ya que se asigna solamente el 0.46 por ciento del PIB para actividades relacionadas con la CTI; y un lento crecimiento de la inversión privada en I+D+i. Aunque en este aspecto, es relevante destacar que existe una nueva orientación de la actual gestión de CONACYT, la cual se ha establecido como objetivo estratégico número uno elevar la inversión en el sector al 1 por ciento del PIB.

---

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias Sociales, Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Contacto: [jleon@ciad.mx](mailto:jleon@ciad.mx)

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias, Especialidad en Desarrollo Regional, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Contacto: [cui.valdez@gmail.com](mailto:cui.valdez@gmail.com)

<sup>3</sup> Doctor en Desarrollo Internacional, Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Contacto: [pwong@ciad.mx](mailto:pwong@ciad.mx)

- En segundo, resulta patente la desarticulación del sistema, ya que los actores principales del mismo se encuentran limitadamente interconectados y coordinados, al mismo tiempo, el valor social de las actividades de ciencia, tecnología e innovación continua siendo bajo, y el cambio técnico basado en esfuerzos sistemáticos de CTI rara vez han sido identificados como conductores relevantes hacia un mejor desempeño económico y social.
- Tercero, la gobernanza del sistema es débil y aún sigue estando muy centralizada. Son en general frágiles las formas de gobernar las CTI mediante acciones tomadas en concordancia con las leyes, reglamentos y otros ordenamientos de base jurídica, aunado a que son muy bajos los niveles de cooperación público-privada.

Por otro lado, aunque se han realizado esfuerzos importantes orientados a fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas, la infraestructura de CTI sigue siendo insuficiente. Los centros de investigación y las universidades enfrentan grandes obstáculos para transferir conocimiento y tecnología hacia los potenciales beneficiarios.

No obstante, también existen características favorables que tienen que ver con el surgimiento de nuevos actores clave, tales como el Comité Intersectorial de Innovación, el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) y los consejos estatales de CTI. Los impactos en el desempeño del sistema de estos nuevos actores se han visto reflejados en el mejoramiento de la interacción entre los agentes, para alcanzar una mejor coordinación a través de las instancias tomadoras de decisiones, pero aún queda camino por recorrer (OCDE 2009).

El esfuerzo realizado en México para invertir en CTI ha sido reducido con respecto al potencial de la economía nacional, distribuido entre las entidades federativas e instituciones públicas en forma desigual, y falta de enlace al interior del gobierno en sus distintos niveles y dependencias, así como con relación al sector productivo; de igual forma, se percibe cierta debilidad científica e industrial en tanto que no están articulados los actores del sistema.

Respecto al desarrollo desigual de los sistemas estatales de innovación y las diferencias en las potencialidades del sector dentro de las distintas entidades del país, cabe indagar cuál es la situación actual de Sonora frente a los retos y limitaciones que se han enumerado en párrafos anteriores. Es necesario evaluar qué tanto éxito ha tenido la entidad para configurar un sistema estatal de CTI, cómo se encuentra nuestra entidad con respecto a los demás estados, su nivel de desarrollo, sus puntos fuertes y débiles, las áreas donde se puede intervenir para consolidar el sistema estatal de CTI. Se requiere evaluar qué tan productivo o eficiente es en nuestra entidad.

El primer objetivo de este trabajo es elaborar una caracterización del nivel de desarrollo/consolidación del sistema estatal de CTI de Sonora, a partir de un análisis comparativo sustentado en un ejercicio de clasificación de los 32 estados del país. Este ejercicio de clasificación se basa en criterios de diferenciación que no se limitan a las capacidades de CTI, tradicionalmente empleados con este fin, sino que adopta un enfoque que considera ocho dimensiones agrupadas en cuatro grandes categorías: a) precondiciones para la innovación; b) entradas (insumos) del sistema; c) características estructurales, y; d) salidas (resultados) del sistema. Se emplea información por Estado de: indicadores seleccionados que se relacionan con las condiciones de mercado, condiciones institucionales, clima de inversión, capacidad de generación de conocimiento, capitales intangibles, estructura económica, nivel de internacionalización, difusión de las tecnologías e innovación. Mediante la técnica del análisis de clústeres se muestra la existencia de seis tipos diferentes de sistemas estatales de CTI en México, de acuerdo con las características y nivel de desarrollo observado en cada grupo, en términos de los indicadores utilizados. Este examen permitirá ubicar dónde se

encuentra Sonora como sistema de CTI e identificar sus principales fortalezas y debilidades, así como sus principales retos en este rubro.

El segundo objetivo consiste en evaluar el nivel de eficiencia insumo-producto de Sonora como sistema de CTI, en comparación con la eficiencia mostrada por las demás entidades federativas. Para ello, se emplea el método de análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés) con información sobre indicadores de CTI disponibles para las 32 entidades federativas del país. Se construyeron seis modelos de eficiencia técnica; uno general que incluye todos los indicadores de input (insumo) y output (producto), así como cinco modelos alternos con enfoques en algún indicador en particular. En esta parte del estudio interesa destacar el lugar que ocupa nuestra entidad dentro del espectro nacional, de acuerdo con sus niveles de eficiencia como sistema de CTI.

#### SITUACIÓN Y POTENCIALIDADES DEL SISTEMA DE CTI DE SONORA: CAPACIDADES, CONDICIONES Y RESULTADOS

El interés del ejercicio desarrollado en esta sección es contribuir a la comprensión de las actividades de ciencia, tecnología e innovación en México, desde una perspectiva regional y un enfoque cuantitativo. El objetivo es construir una clasificación o tipología de los 32 sistemas de CTI mediante análisis de clústeres (*cluster analysis*) que permita: 1) diferenciar los sistemas estatales de CTI con base a sus condiciones económico-sociales e institucionales, sus capacidades científicas, tecnológicas y de innovación, así como los resultados arrojados por el funcionamiento de tales sistemas, y; 2) con base a un ejercicio de clasificación de los sistemas estatales de CTI, identificar las fortalezas y debilidades particulares de Sonora.

Existen en el país esfuerzos por describir y evaluar las condiciones y capacidades para la innovación a nivel nacional desde una perspectiva regional, analizando las características de las entidades federativas en materia de CTI a partir de un enfoque de sistema de innovación (FCCyT 2012; FCCyT 2014, ARegional 2010). En particular, el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) ha convertido estos esfuerzos en un acervo de estadística de ciencia, tecnología e innovación para el país a través de diversas publicaciones como las *Estadísticas de los Sistemas Estatales de Innovación*, los *Diagnósticos Estatales de Ciencia y Tecnología*, los *Compendios Estatales de CTI* y el *Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011 y 2013*. Estas últimas dos publicaciones resultan especialmente interesantes, ya que plantean una metodología que propone una serie de componentes o *dimensiones* de los sistemas de innovación que permiten conceptualizar a las entidades federativas como tales, y aglomerando un conjunto de indicadores ligados al sector CTI, a través de los cuales se puedan describir las condiciones, capacidades y resultados para la innovación de cada estado, plasmando así un panorama de las características nacionales del sistema de CTI.

Con este mismo fin se ha adaptado el modelo analítico propuesto por Godinho et al. (2006), el cual, es similar a la propuesta del Foro Consultivo en términos de la conceptualización de *dimensiones de los sistemas de innovación (y CT)*, sin embargo, difieren en algunos indicadores específicos, así como en el tratamiento de los datos. Este enfoque propone un total de ocho dimensiones agrupadas en cuatro grandes aspectos relacionados con los sistemas regionales de innovación: a) precondiciones para la innovación; b) “entradas” al sistema; c) características estructurales; y, d) “salidas” del sistema.

#### *Las precondiciones para la innovación*

Se consideran dos clases de “macro-ambientes” que condicionan los procesos de innovación y difusión de nuevas tecnologías en los distintos ámbitos territoriales: las condiciones de mercado y las institucionales. Las *condiciones de mercado* son relevantes en los sistemas de innovación ya que el concretar la innovación implica la

comercialización de productos y servicios generados por la investigación y el desarrollo. Significa que parte del éxito de estas innovaciones reside en tener un mercado adecuado en términos de demanda. Además, considerando las dificultades que conlleva la distancia geográfica, ligadas a costos de transacciones, de transporte o disponibilidad de canales de distribución adecuados, el mercado regional generará las mayores oportunidades para la mayoría de las empresas involucradas en el sistema regional de innovación. En suma, esta dimensión busca reflejar el potencial que existe de la demanda para las innovaciones generadas en la región. La [figura 1](#) resume los indicadores que se utilizarán para evaluar las diferentes facetas. Las *institucionales* que regulan y dan forma al comportamiento de los agentes económicos dentro del sistema de innovación, son difíciles de representar cuantitativamente. Para superar esta limitante se busca medirlas indirectamente a través de indicadores que pudieran reflejar el efecto de las instituciones sobre la región. Esta dimensión busca plasmar las condiciones de estabilidad política y cohesión social, así como la flexibilidad y adaptabilidad de la población para absorber innovaciones.

#### *Las “entradas” de los sistemas de CTI*

Se consideran dos grandes “insumos” a nivel de sistema de CTI: “la inversión en intangibles y tangibles” y las capacidades científicas o “el conocimiento científico”. *Inversión en intangibles y capital físico*. Existen dos tipos de inversiones primordiales en un sistema de innovación: en recursos humanos y en recursos físicos. La primera significa la creación de una masa crítica de generación de ideas, factor crítico para la producción de innovación. Así, en el corto plazo, la inversión en la adquisición de bienes físicos beneficia las actividades de innovación. El plano “*conocimiento científico*” busca medir las condiciones que existen para la generación de conocimientos con el potencial de convertirse en innovación, así como la orientación hacia una sociedad del conocimiento.

Figura 1. Indicadores correspondientes a las ocho dimensiones de los sistemas estatales de innovación

#### *Precondiciones para la Innovación*

##### *Condiciones de mercado*

- El Producto Interno Bruto (PIB) en miles de pesos (transformado con log 10); INEGI (2010)
- La densidad poblacional por km<sup>2</sup> (transformado con log 10); INEGI (2010);
- El ingreso bruto per cápita en miles de pesos; INEGI (2010)

##### *Condiciones institucionales*

- El índice de calidad de transparencia calificada de 1-100. COMAIP (2008); Conferencia Mexicana para la Información Pública
- El índice de opinión empresarial sobre marco regulatorio, como medida de la eficiencia gubernamental (más alto mejor). CEESP (2008) Centro de Estudios Económicos del Sector Privado, A.C.
- El índice de corrupción y buen gobierno (1/Ind). Transparencia Mexicana (2008)

## Características estructurales

### *Estructura productiva*

- Valor agregado de la industria manufacturera, maquiladora y servicios de exportación; INEGI (2008)
- PIB industria manufacturera como % del PIB total; INEGI (2009)
- Razón de unidades económicas de tamaño grande y micro de las industrias manufactureras, comercio y servicios; INEGI (2009)

### *Exteriorización e integración internacional*

- Exportación más importación entre el PIB. SE (2008)
- Inversión extranjera directa como porcentaje del PIB. SE (2008)
- Porcentaje de hogares con acceso a internet. INEGI (2008)

## Entradas del sistema

### *Inversión en intangibles y tangibles*

- La Formación Bruta de Capital Fijo; INEGI (2008)
- El gasto en educación como porcentaje del PIB (en millones de pesos); CIEP (2010)
- El gasto en educación per cápita en millones de pesos (transformado con log 10); CIEP (2010)
- El presupuesto para CTI como porcentaje del presupuesto total del estado; FCCyT (2009-2012)

### *Conocimiento científico*

- Investigadores SNI por cada 10 000 de la PEA; CONACyT (2010/2011)
- Publicaciones per cápita (aproximado); CONACyT (2009)
- Población con estudios de posgrado por cada 1000 de la PEA; CONACyT (2010)
- Centros de investigación (UNAM, IPN, CINVESTAV, Universidades públicas estatales, CONACyT, Secretarías de Estado y otros) por cada 10 000 de la PEA; INEGI (2011)

## Salidas del sistema

### *Difusión tecnológica*

- Computadoras por cada 100 habitantes; INEGI (2008)
- Líneas telefónicas fijas y móviles por cada 100 habitantes; COFETEL (2008)
- Empresas con ISO 9000 por cada millón de la PEA; CONACyT (2008)

### *Innovación*

- Propiedad intelectual (patentes, modelos de utilidad y diseños) solicitadas por cada 10 000 de la PEA; IMPI (2010)

## Las características estructurales

La estructura económica-productiva de una región condiciona en gran medida las posibilidades de que su sistema de innovación cumpla de manera efectiva su función; es decir, en término de resultados, productos e impactos económicos y sociales. En este estudio se destaca el papel de dos características estructurales de impacto notable en los procesos de innovación y difusión de las nuevas tecnologías: la especialización productiva así como el grado de internacionalización y comunicación externa. Respecto a la *estructura productiva*, el trabajo seminal de Pavitt (1984) mostró que las características sectoriales de una economía afectan la dirección, naturaleza e intensidad de la innovación. Por ello, resulta importante conocer la

estructura de actividades pertenecientes a las producciones y exportaciones de los sectores con diferentes niveles de generación de conocimiento e I+D. La *Exteriorización e integración internacional* es un factor clave para el funcionamiento y desarrollo de un sistema de innovación, representa su capacidad para establecer vínculos con el mercado externo y con otros sistemas. Las relaciones comerciales internacionales permiten una interacción que conlleva la adquisición de conocimiento nuevo o complementario, así como acceso a mercados externos.

#### *Las “salidas” de los sistemas de CTI*

Las principales salidas del sistema tienen que ver naturalmente con el desempeño del SRI, pero de igual forma con la difusión, que es la circulación y diseminación del conocimiento y nuevas tecnologías entre las diferentes partes del sistema. La *difusión tecnológica* implica la circulación y distribución de conocimiento y nuevas tecnologías a diferentes partes del sistema. David y Foray (1995) plantearon el poder redistributivo del sistema de innovación como factor importante para su funcionamiento. Este poder está en función de la colaboración y enlaces colaborativos entre los diversos actores del sistema. Si bien no existe un indicador o indicadores que midan esta actividad directamente, algunos *proxy* adecuados pueden estar presentados en la [figura 1](#). La *innovación es una* dimensión y tiene que ver con los resultados de las actividades de I+D. El número de solicitudes de instrumentos de propiedad intelectual (patentes, diseños industriales y modelos de utilidad) ha sido ampliamente utilizado en la literatura como *proxy* de la producción de innovaciones, ya que constituye un indicador perteneciente a los desarrollos tecnológicos obtenidos en una economía. Aunque una patente no se puede considerar estrictamente una innovación, si es una buena muestra de desempeño en actividades relacionadas directamente con la innovación.

#### TIPOLOGÍA DE LOS SISTEMAS ESTATALES DE CTI DE ACUERDO A SUS CONDICIONES, CAPACIDADES Y RESULTADOS

Con el fin de realizar una caracterización de los sistemas de CTI de los estados, a través de un enfoque comparativo, se recolectaron los datos correspondientes a la serie de indicadores enlistados en las [figuras 2 a 8](#) para las 32 entidades federativas del país. Como se ha mencionado, esta caracterización busca responder a un enfoque que contempla tanto capacidades científicas y tecnológicas, como condiciones macro ambientales económicas, institucionales, sociales, así como resultados de los propios sistemas.

Para todos los indicadores contemplados, los datos de PIB, densidad de población, gasto en educación per cápita y propiedad intelectual solicitada fueron transformados mediante *Log 10*. Por su parte, el índice de corrupción se transformó mediante el recíproco, para invertir el sentido de su interpretación, ya que a diferencia de los demás indicadores, éste se interpreta como “menor = mejor”. Los datos para los 24 indicadores se estandarizaron con el objeto de eliminar efectos de magnitud y poder hacerlos comparables. Asimismo, con el fin de desechar indicadores redundantes, se realizó un análisis de correlación lineal, que redujo el número de indicadores utilizados de 24 a 18. Finalmente, los indicadores fueron agregados mediante suma y promedio en cada dimensión, dando como resultado ocho índices compuestos para cada entidad. A partir de estos indicadores compuestos se realizó un análisis de conglomerados (*cluster analysis*) para las 32 entidades federativas del país, con el fin de encontrar similitudes y diferencias entre las entidades que permitieran caracterizar sus sistemas de CTI en términos de sus condiciones, capacidades y resultados.

Partiendo del análisis de *clusters* jerárquico de enlace Ward y distancia euclidiana, se forman seis grupos distintivos de entidades federativas. Los resultados de este ejercicio de medición perteneciente a las dimensiones de los sistemas estatales CTI y clasificación, de acuerdo a las mismas, se presentan en la [figura 2](#).

Figura 2. Valoración de las principales dimensiones de los Sistemas Estatales de CTI (valor índice z\*) y conformación de grupos

Entidades	1	2	3	4	5	6	7	8
	Condiciones de mercado	Desarrollo institucional	Inversión en intangibles y capital físico	Generación de conocimiento	Estructura productiva moderna	Integración Internacional	Capacidad de difusión	Innovación
Grupo 1 (SCTIS Tipo 1)								
D.F.	<b>3.37</b>	0.85	<b>1.39</b>	<b>2.07</b>	0.07	<b>1.34</b>	<b>2.03</b>	<b>3.14</b>
Nuevo León	<b>1.19</b>	<u>-0.39</u>	<b>1.44</b>	<u>-0.57</u>	<b>1.25</b>	0.44	<b>1.91</b>	<b>2.61</b>
<b>Promedio</b>	<b>2.28</b>	0.23	<b>1.42</b>	0.75	0.66	0.89	<b>1.97</b>	<b>2.88</b>
Grupo 2 (SCTIS Tipo 2)								
Querétaro	0.56	<u>-0.72</u>	-0.12	<b>1.78</b>	<b>1.01</b>	0.15	<b>1.72</b>	<b>1.29</b>
Morelos	0.40	0.60	<u>-0.07</u>	<b>2.18</b>	<u>-0.21</u>	<u>-0.27</u>	0.43	<u>-0.01</u>
B. C. Sur	<u>-0.56</u>	<u>-0.48</u>	0.42	<b>2.01</b>	<u>-0.32</u>	0.27	<b>1.20</b>	<u>-0.62</u>
Campeche	<u>-0.77</u>	<u>-1.35</u>	<b>1.35</b>	<b>1.12</b>	<u>-0.87</u>	<u>-0.39</u>	0.99	<u>-0.14</u>
<b>Promedio</b>	<u>-0.09</u>	<u>-0.49</u>	0.40	<b>1.77</b>	<u>-0.10</u>	<u>-0.06</u>	1.09	0.13
Grupo 3 (SCTIS Tipo 3)								
Aguascalientes	0.64	<u>-0.14</u>	0.30	<u>-0.29</u>	0.80	0.61	-0.09	0.58
B. California	<u>-0.06</u>	0.30	<u>-0.01</u>	<u>-0.14</u>	<b>1.22</b>	<b>1.75</b>	0.20	<u>-0.39</u>
Chihuahua	<u>-0.50</u>	<u>-0.48</u>	<u>-0.10</u>	<u>-0.54</u>	<b>1.15</b>	<b>1.37</b>	0.24	<u>-0.34</u>
Coahuila	<u>-0.04</u>	0.36	0.00	<u>-0.13</u>	<b>1.21</b>	0.55	0.67	0.41
<b>Sonora</b>	<u>-0.43</u>	<u>-0.12</u>	<u>-0.08</u>	<u>0.11</u>	0.37	<b>1.00</b>	0.03	<u>-0.59</u>
Tamaulipas	0.03	0.38	<u>-0.07</u>	<u>-0.34</u>	0.40	0.49	0.34	0.10
<b>Promedio</b>	<u>-0.06</u>	0.05	0.01	<u>-0.22</u>	0.86	0.96	0.23	<u>-0.04</u>
Grupo 4 (SCTIS Tipo 4)								
Guanajuato	0.23	0.11	-0.32	<u>-0.44</u>	0.30	<u>-0.43</u>	<u>-0.70</u>	<b>1.17</b>
Jalisco	0.20	0.50	0.39	<u>-0.68</u>	0.18	0.16	0.04	<b>1.41</b>
México	0.57	<b>2.35</b>	-0.24	<u>-0.88</u>	0.14	<u>-0.32</u>	<u>-0.69</u>	<u>-0.05</u>
Puebla	0.02	<b>1.21</b>	-0.65	<u>-0.68</u>	0.64	<u>-0.39</u>	<u>-0.55</u>	0.26
Yucatán	<u>-0.26</u>	0.41	-0.11	0.41	<u>-0.53</u>	<u>-0.28</u>	<u>-0.46</u>	0.86
<b>Promedio</b>	0.15	0.92	-0.19	<u>-0.45</u>	0.15	<u>-0.25</u>	<u>-0.47</u>	0.73
Grupo 5 (SCTIS Tipo 5)								
Colima	0.25	<u>-0.50</u>	<u>-0.45</u>	<u>-0.05</u>	<u>-0.66</u>	<u>-0.23</u>	0.34	<u>-0.59</u>
Durango	<u>-0.73</u>	<u>-0.49</u>	0.09	0.07	<u>-0.17</u>	0.05	<u>-0.83</u>	<u>-0.63</u>
Hidalgo	<u>-0.19</u>	0.56	<u>-0.64</u>	<u>-0.55</u>	<u>-0.04</u>	<u>-0.85</u>	<u>-0.08</u>	<u>-0.63</u>
Michoacán	<u>-0.37</u>	<u>-0.08</u>	<u>-0.14</u>	<u>-0.08</u>	<u>-0.78</u>	<u>-0.52</u>	<u>-0.71</u>	<u>-0.78</u>
Quintana Roo	<u>0.10</u>	<u>0.12</u>	0.15	<u>-0.23</u>	<u>-0.40</u>	<u>-0.05</u>	<u>0.19</u>	<u>-0.25</u>
S.L.Potosí	<u>-0.35</u>	<u>-0.43</u>	<u>-0.34</u>	<u>0.12</u>	<u>0.34</u>	<u>-0.18</u>	<u>-0.51</u>	<u>-0.26</u>
Sinaloa	<u>-0.26</u>	0.61	<u>-0.12</u>	<u>-0.39</u>	<u>-0.53</u>	<u>-0.08</u>	<u>-0.09</u>	<u>-0.27</u>
Tabasco	0.70	0.03	0.02	<u>-0.05</u>	0.53	<u>-0.82</u>	0.01	<u>-0.80</u>
Tlaxcala	0.02	0.06	<u>-0.35</u>	<u>-0.28</u>	0.11	<u>-0.69</u>	0.12	<u>-0.70</u>
Veracruz	<u>-0.16</u>	0.61	<u>-0.27</u>	<u>-0.70</u>	<u>-0.58</u>	<u>-0.51</u>	<u>-0.54</u>	<u>-0.82</u>
Zacatecas	<u>-0.88</u>	<u>-0.40</u>	0.10	<u>-0.17</u>	<u>-0.56</u>	<b>1.08</b>	<u>-0.93</u>	<u>-0.61</u>
<b>Promedios</b>	<u>-0.17</u>	<u>0.01</u>	<u>-0.18</u>	<u>-0.21</u>	<u>-0.25</u>	<u>-0.26</u>	<u>-0.28</u>	<u>-0.58</u>

Grupo 6 (SCTIS Tipo 6)								
Chiapas	<u>-0.66</u>	<u>-0.70</u>	<u>-0.49</u>	<u>-0.75</u>	<u>-1.08</u>	<u>-0.93</u>	<u>-1.27</u>	<u>-0.79</u>
Guerrero	<u>-0.64</u>	<u>-0.50</u>	<u>-0.49</u>	<u>-1.08</u>	<u>-1.12</u>	<u>-0.83</u>	<u>-1.06</u>	<u>-0.90</u>
Nayarit	<u>-0.59</u>	<u>-1.02</u>	<u>0.28</u>	<u>-0.69</u>	<u>-1.01</u>	<u>-0.62</u>	<u>-0.75</u>	<u>-0.91</u>
Oaxaca	<u>-0.83</u>	<u>-1.26</u>	<u>-0.87</u>	<u>-0.17</u>	<u>-0.88</u>	<u>-0.86</u>	<u>-1.20</u>	<u>-0.75</u>
<b>Promedios</b>	<u>-0.68</u>	<u>-0.87</u>	<u>-0.39</u>	<u>-0.67</u>	<u>-1.02</u>	<u>-0.81</u>	<u>-1.07</u>	<u>-0.84</u>

\*  $\xi > 1$ : El sistema de CTI del Estado tiene ventaja en esa dimensión (se emplean negritas para indicar una ventaja clara o contundente).

$\xi = 0$ : El sistema estatal de CTI tiene en esa dimensión un valor igual al promedio nacional, no hay ventaja ni desventaja.

$\xi < 0$ : El sistema estatal de CTI tiene una desventaja o debilidad en esa dimensión (se subraya para identificar)

Fuente: elaboración propia.

Los índices que aparecen en la figura anterior se han estandarizado de manera que el promedio nacional para cada dimensión tiene un valor igual a cero; es decir, un valor inferior a cero representa una situación en la que la dimensión se encuentra con un registro menor al promedio nacional, o dicho de otra manera, el estado se encuentra en desventaja en esa magnitud particular. Por el contrario, un índice superior a cero refleja una situación en la que la dimensión es favorable en la entidad.

Los patrones observados de fortaleza/debilidad, con base en las distintas dimensiones, permiten una clasificación de los estados acorde al nivel de desarrollo/consolidación del sistema CTI. De esta forma, encontramos que hay seis tipo generales de sistemas estatales de CTI:

1. *D.F. y Nuevo León*. Son los más *avanzados y consolidados*, que en general observan capacidades, condiciones y resultados de innovación muy por encima del promedio nacional; no presentan debilidades en ninguna de las dimensiones analizadas; y tienen una clara ventaja en relación con los otros estados bajo las condiciones de mercado, resultados de innovación (patentes), capacidades y resultados en la generación de conocimiento, y en capacidad de difusión de las tecnologías.
2. *B.C. Sur, Campeche, Morelos y Querétaro*. De *nivel medio-alto*, cuya fortaleza principal reside en su capacidad para ofrecer resultados en generación de conocimiento y en la difusión de las tecnologías. En menor medida, presentan ventajas de inversión en intangibles y resultados de innovación. Sus condiciones de mercado, estructura productiva y nivel de internacionalización se aproximan al promedio nacional y tienen una desventaja en términos de desarrollo institucional.
3. *Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Sonora y Tamaulipas*. De *nivel medio-alto*, altamente internacionalizados y estructura productiva moderna orientada a la economía internacional. En su mayoría, son las entidades de la frontera norte del país; su mayor fortaleza está en el nivel de vinculación con el exterior e internacionalización económica, así como una estructura productiva especializada en industrias de exportación, con alta presencia de IED y tamaño de empresa grande; y presentan condiciones de mercado, desarrollo institucional, inversión en intangibles y resultados en innovación con niveles alrededor de los promedios nacionales. Su principal desventaja reside en las capacidades y resultados en la generación de conocimiento científico.
4. *Guanajuato, Jalisco, México, Puebla y Yucatán*. De *nivel medio*, con ventajas en desarrollo institucional y en resultados de innovación; cuya mayor fortaleza reside en el desarrollo institucional, renglón en el que supera incluso a los estados más avanzados; exhibe también ventajas en los indicadores de resultados de innovación (patentes); pero no tienen un desarrollo integral, ya que muestran debilidades en su capacidad de difusión de las tecnologías y en las capacidades y resultados propias de la generación de

conocimiento científico, principalmente. Tiene desventajas también en cuanto a su nivel de internacionalización y comunicación con el exterior.

5. *Colima, Durango, Hidalgo, Michoacán, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.* De nivel medio-bajo, con desventaja moderada en todas las dimensiones del sistema.
6. *Chiapas, Guerrero, Nayarit y Oaxaca.* Caracterizados por ser los más rezagados, con capacidades y resultados sumamente limitados, y condiciones muy desfavorables. Son las entidades que presentan las condiciones más desfavorables para los procesos de innovación, ya que se trata de entidades de menor desarrollo socio-económico del país; sus condiciones de mercado, desarrollo institucional, estructura productiva y nivel de internacionalización son limitativas y tienen muy débil desarrollo de capacidades de innovación, generación de conocimiento científico, difusión de tecnologías y capitales intangibles.

¿Qué implicaciones tienen los resultados presentados en la [figura 2](#) para el caso del Estado de Sonora?

#### LAS FORTALEZAS DEL SISTEMA DE CTI DE SONORA

Los resultados obtenidos muestran que las fortalezas de Sonora residen básicamente en condiciones estructurales que resultan ventajosas para promover los procesos de innovación y difusión de las nuevas tecnologías, particularmente su nivel de inserción en los circuitos económicos y comunicaciones globales, así como una estructura productiva orientada a las actividades de exportación y sustentada en empresas de mayor tamaño. De hecho, los sistemas estatales de CTI de tipo tres, correspondientes a los estados de la frontera norte, ocupan el primer lugar en ventajas relacionadas con la estructura moderna de exportación (dimensión 5) y con la integración internacional (dimensión 6).

*El nivel de integración internacional:  
las ventajas del Sistema de CTI de Sonora*

Los resultados de este ejercicio (véase [figura 2](#)) muestran que el grado de integración al contexto internacional constituye una fuente de oportunidades para el sistema de CTI de Sonora. Con un índice  $z$  igual a 1 en la dimensión “integración internacional”, Sonora se ubica como la cuarta entidad con el registro más alto en este rubro del sistema de CTI.

Un aspecto estructural que merece atención cuando se considera la organización de los sistemas de CTI, tiene que ver con las fronteras de cada sistema y la forma en que se relaciona fuera del espacio nacional. De esta forma, la comunicación externa resulta esencial para la vitalidad del sistema de innovación. Tal comunicación es una forma de incrementar la diversidad de estímulo que llevan a la innovación o a la difusión de nuevas tecnologías dentro del sistema. El nivel de interconexión con los circuitos económicos, sociales, comunicacionales y culturales externos es factor clave para el funcionamiento y desarrollo de un sistema de innovación, especialmente tiene implicaciones en su capacidad para establecer vínculos de carácter tecnológico con el mercado externo y con otros sistemas. Las relaciones comerciales e inversiones internacionales permiten una interacción que conlleva la adquisición de conocimiento nuevo o complementario, así como acceso a mercados y conocimientos tecnológicos externos.

El proceso de apertura de la economía mexicana, iniciado alrededor de hace 30 años, se ha reflejado en un gran incremento en los niveles de comercio y de captación de inversión extranjera. Ambos flujos se encuentran íntimamente relacionados, ya que gran parte del aumento en el nivel de exportaciones se concentra en sectores como el automotriz y la electrónica, que fueron los más favorecidos por la Inversión

Extranjera Directa (IED). La IED no es sólo una fuente de financiamiento, sino también constituye un medio para la adquisición de tecnología y habilidades gerenciales que juegan un papel esencial en el proceso del desarrollo industrial y tecnológico. Esto conlleva a tener mayor facilidad para realizar transacciones tecnológicas con el exterior; para importar equipo y maquinaria necesarios para la realización de actividades científicas y tecnológicas; contactos con compradores y vendedores en el mercado internacional que se encuentran al tanto de los avances tecnológicos; generación de derramas tecnológicas de las empresas extranjeras hacia el sector interno de la economía, y la transferencia de equipo, capacitación de trabajadores e intercambio de información técnica de la compañía filial con la empresa matriz ubicada en el extranjero.

No solo las interrelaciones externas de corte económico son relevantes en este sentido, la incorporación a las redes globales de comunicación sustentadas en las nuevas TIC'S (internet) juega también un papel importante. Implican una mayor accesibilidad, exposición, a flujos y redes internacionales de conocimiento y nuevas tecnologías. La difusión de las nuevas tecnologías a nivel internacional se está realizando hoy en día a través de estos medios.

*Sonora tiene el reto de aprovechar esta condición de entidad fronteriza que le ha facilitado una mayor integración internacional.* Este reto está íntimamente relacionado con sus capacidades actuales y futuras de aprovechar su posición (geográfica-funcional) que le permite mayor accesibilidad y exposición a los circuitos internacionales de diseminación y difusión de nuevas tecnologías y conocimiento tecnológico de punta. Esto último tiene que ver con lo se ha denominado la *capacidad regional de absorción del conocimiento y las nuevas tecnologías.*

Desarrollar esta capacidad de absorción es un asunto clave en las perspectivas de desarrollo del sector CTI del Estado. Por ejemplo, el reto de aprovechar las oportunidades de desarrollo exógenos (IED y deslocalización de las actividades industriales desde las naciones más avanzadas) con el fin de crear fuerzas internas para apoyar un desarrollo socioeconómico sustentable y endógeno. Un primer paso en esta dirección debe ser repensar o replantear la estrategia de desarrollo económico estatal, que consiste en atraer/localizar en nuestro territorio instalaciones industriales que tienen el fin de optimizar sus estructuras de costos, reduciendo básicamente los laborales. Debemos avanzar a la siguiente etapa del desarrollo económico-territorial con base en la eficiencia y la inversión, dependiendo, entre otros factores, de las capacidades de absorción, adaptación y difusión de las tecnologías en el exterior. Para lograr este objetivo se deben vincular las IED a la economía regional mediante iniciativas apropiadas en *desarrollo de clusters*, de manera que el tejido económico regional podría beneficiarse de la inversión extranjera. De lo contrario, las inversiones extranjeras no se anclan a la región y su atractivo que se basa en los costes laborales más bajos va a desaparecer en el futuro.

Además, deben tomarse medidas que pueden mejorar la capacidad de absorción de la entidad con el fin de mejorar su situación en la educación superior, la formación permanente, etcétera. Como Sterlacchini (2006) o Clarysse y Muldur (2001) muestran, el simple aumento de los gastos en I+D puede no generar los efectos deseados en las regiones, ya que no tienen la capacidad de absorción necesaria para aprovechar las actividades de I+D y de las actividades de difusión del conocimiento.

#### *Ventajas derivadas de las características estructurales*

En el ejercicio de caracterización de los sistemas estatales de CTI que se ha realizado (véase [figura 2](#)), los resultados nos permiten observar que Sonora tiene una ventaja relativa también en términos de su estructura productiva.

## SECTORES EXPORTADORES E INNOVACIÓN

Existe evidencia empírica reciente y abundante mostrando que las empresas exportadoras exhiben un mejor desempeño de aquellas que sólo venden en los mercados domésticos. En particular, diversas comparaciones señalan: las empresas exportadoras son más productivas que las que sólo venden en el mercado doméstico.<sup>4</sup> En algunos estudios se argumenta que esta evidencia sería consistente bajo la hipótesis de que una mayor orientación exportadora favorecería el crecimiento y la productividad. Sin embargo, este fenómeno también podría ser el resultado de una causalidad que va desde la productividad a la orientación exportadora de las firmas. Ambas hipótesis han sido denominadas en la literatura como “aprendizaje por exportar” y “auto-selección”, respectivamente.

El aprendizaje por exportar explicaría que la relación positiva entre exportaciones y productividad se origina por las ganancias en conocimiento y transferencia de tecnología que las empresas absorben en los mercados internacionales. Es decir, el acceso a nuevas tecnologías, a las cuales no tienen acceso los no exportadores, contribuiría a incrementar la productividad de las firmas luego que entran a los mercados internacionales. La hipótesis de auto-selección indica que la relación de causalidad entre orientación exportadora y productividad es en el sentido inverso, esto es, sólo las empresas que mejoran previamente su desempeño, y en especial su productividad, son capaces de entrar a exportar. Este tipo de idea, y la escasa evidencia de ganancias en aprendizaje, una vez que las firmas comienzan a exportar, han motivado la aparición de varios modelos teóricos en los cuales las empresas difieren exógenamente en sus niveles de productividad y, dado que enfrentan costos de comerciar (fijos y variables) sólo las más productivas son capaces de exportar (Melitz 2003; y Bernard et al. 2003).

En el caso de Sonora, los resultados de este trabajo sugieren que la entidad posee condiciones estructurales, un sector productivo más orientado a las exportaciones, que le aventajan en sus perspectivas de concretar beneficios en cuanto a la incorporación productiva de la I+D y las nuevas innovaciones.

## ESPECIALIZACIÓN INDUSTRIAL E INNOVACIÓN

Los esfuerzos en innovación a nivel mundial se concentran en el sector manufacturero, seguido por el sector servicios. Dos ejemplos de esto son Canadá y Noruega. En el primero, una de cada diez plantas manufactureras ha introducido una innovación a nivel mundial, ya sea de producto o de proceso (Uhrbach 2009). En el segundo, se reporta que más del 70 por ciento de las empresas grandes manufactureras realizan actividades de innovación (Official Statistics of Norway 2004). Esta misma tendencia se observa en México, donde el 82 por ciento de las innovaciones se llevaron a cabo en el sector manufacturero, seguido por el de servicios con un 17.4 por ciento (INEGI 2006).

## LAS ACTIVIDADES DE INNOVACIÓN SEGÚN EL TAMAÑO DE LA EMPRESA

Como se observa en la [figura 3](#), las capacidades y recursos de I+D, y con ello las posibilidades de lograr innovaciones, varían de acuerdo al tamaño de la empresa. Aunque son menos numerosas las compañías mayores de 250 empleados con respecto a las de menor tamaño, podemos observar que aquellas invierten una mayor cantidad de recursos en actividades de I+D.

---

<sup>4</sup> Véase, por ejemplo, *The International Study Group on Exports and Productivity* (2007), que utiliza una metodología común para 14 países.

Figura 3. Número de empresas que realizan proyectos y gastos intramuros de I+D, por tamaño de empresas

Tamaño de empresa	2010		2011	
	Empresas	Gasto en I+D intramuros <sup>a</sup>	Empresas	Gasto en I+D intramuros <sup>a</sup>
Total	1 710	23 174 125	1789	24 121 819
751 y más	144	11 472 944	137	11 584 555
501 a 750	44	641 793	45	711 450
251 a 500	131	1 755 646	128	1 705 445
101 a 250	236	3 858 377	252	4 337 288
51 a 100	376	3 787 008	388	3 827 400
20 a 50	778	1 658 357	839	1 955 680

<sup>a</sup> Cifras en miles de pesos.

Fuente: INEGI. Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico, ESIDET 2012.

#### LAS DIMENSIONES MÁS DÉBILES DEL SISTEMA DE CTI DE SONORA

Otro resultado de este ejercicio comparativo de las entidades respecto a sus capacidades, condiciones y resultados como sistemas de CTI, es que las principales desventajas de Sonora se encuentran en una dimensión que corresponde a las denominadas precondiciones de la innovación: las condiciones de mercado ( $z = -0.43$ ). Adicionalmente, se encontró que existe un desempeño por debajo del promedio nacional en una de las principales “salidas” de los sistemas de CTI: la generación de innovaciones ( $z = -0.59$ ), medida por el número de invenciones protegidas (patentes, marcas, etcétera).

Las precondiciones de innovación referidas a las condiciones de mercado limitan las potencialidades del sistema de CTI de Sonora. Como se ha señalado líneas arriba, entre los diferentes factores de orden económico que determinan el desarrollo tecnológico de un país o región, se encuentran las condiciones del mercado en el que se desenvuelven los diferentes actores tecnológicos y en donde existe una cierta cantidad de consumidores, con cierto nivel adquisitivo y cultura hacia la tecnología. En principio, para las empresas de una nación o de una región, el mercado, por sus características y extensión, representa su demanda potencial. Por ello, es importante el ingreso promedio por habitante y el producto interno bruto de una determinada región en la que se comercializará el producto. El mercado y las condiciones de la demanda constituyen la forma en que los consumidores están distribuidos en el espacio nacional/regional. Un territorio con baja densidad poblacional será más difícil de servir que uno donde la población está más densamente distribuida.

El nivel adquisitivo se puede medir a través del ingreso per cápita, mientras que las condiciones económicas de competencia se determinan con el capital disponible y generado por las actividades económicas del país, lo cual, se mide a través del PIB. Los datos manejados en nuestro ejercicio de clasificación de las entidades federativas, muestran que Sonora se encuentra en una posición cercana al promedio nacional en cuanto a PIB e ingreso per cápita, es decir, en este aspecto no tiene una ventaja ni desventaja con respecto a los demás estados de la república mexicana.

Sin embargo, en lo que respecta a la densidad poblacional, las condiciones son distintas porque es un factor que define las condiciones de mercado de las regiones. Así, las regiones y entidades con alta densidad poblacional o proceso de urbanización, poseen claras ventajas relacionadas con las posibilidades de concretar sistemas de CTI más consolidados: las áreas más densamente pobladas o urbanas concentran el poder, la riqueza, la ciencia, la tecnología y la comunicación, y lo hacen porque la proximidad territorial permite las economías de escala, aglomeración, alcance, densidad y sinergia.

Por otro lado, estudios empíricos sobre el tema han encontrado una fuerte correlación entre la densidad de la población en general, y la concentración de los trabajadores creativos y la productividad de patentes de regiones metropolitanas, sugiriendo que la densidad urbana es crítica para la innovación y la difusión del conocimiento (Carlino et al. 2007; Knudsen et al. 2007). También hay una correlación entre el tamaño de la ciudad, la especialización industrial, y la densidad ocupacional intensiva en conocimiento. En resumen, la baja concentración poblacional de nuestro estado representa una condición de mercado que limita el desarrollo del sistema estatal de CTI. Ello plantea dos retos importantes. El primero es la necesidad, más apremiante que en otras regiones, de desarrollar sistemas de comunicación y transporte modernos y eficientes. Estos constituyen un elemento clave para aminorar las “fricciones del espacio” relacionadas con la baja densidad de la población. Revertir, en la medida de lo posible, las condiciones locales de ésta mediante el desarrollo de sistemas de transporte urbanos, suburbanos y regionales orientados a una mejor integración territorial. El segundo reto es aprender de otras regiones con esta característica poblacional que han tenido éxito en la sociedad de la información, como es el caso de Finlandia. País que tiene una gran extensión territorial con una densidad de población relativamente baja: 17 habitantes por kilómetro cuadrado. Por este motivo, los finlandeses sintieron la necesidad de invertir en redes telefónicas que cubriesen todo el país. El servicio de correos y telecomunicaciones no fue creado como un gran monopolio del Estado, sino que surgieron varios monopolios locales fuertes que asumieron la responsabilidad de asegurar los servicios básicos. En la década de 1980, mucho antes que en varios países industrializados, hubo una liberalización del mercado. El sector de las telecomunicaciones fue expuesto a la libre competencia, lo que, estimuló la eficacia y la innovación.<sup>5</sup>

## EL BAJO DESEMPEÑO DE SONORA EN LA GENERACIÓN DE INNOVACIONES

Si regresamos a la [figura 2](#) podemos notar que Sonora tiene un bajo registro de innovaciones, medidas por el cociente del número de registros pertenecientes a varias modalidades de propiedad intelectual (patentes, modelos de utilidad y diseños) solicitadas, por cada 10 000 de la PEA, de acuerdo con datos del IMPI correspondientes a 2010.<sup>6</sup> Con un índice igual a -0.59 se encuentra en el lugar 20 entre las 32 entidades federativas, ocupando el último lugar entre las entidades que tienen sistemas de CTI del mismo tipo (Tipo 3), que se corresponde con el conjunto de entidades de la frontera norte. Su desempeño en este aspecto es

---

<sup>5</sup> Los primeros teléfonos móviles fueron lanzados poco después de esta liberalización de los mercados. Los finlandeses se mostraron muy receptivos a la tecnología de los nuevos aparatos, adoptando rápidamente los teléfonos NMT y más tarde los GSM. La baja población de Finlandia (unos 5 millones) y el entusiasmo mostrado por los finlandeses hacia la innovación tecnológica convirtieron a este país en un laboratorio para experimentar con los nuevos teléfonos móviles y servicios relacionados. Hoy en día, el sector de la información en Finlandia es muy fuerte y extenso. El sector abarca desde la producción de aparatos, servicios de la red, programación y servicios de informática. Finlandia se ha convertido también en líder en muchos servicios anexos, como por ejemplo la producción de programas de anti-virus. Actualmente, el sector de la información representa un tercio de las exportaciones finlandesas, y es tan importante como las industrias metalúrgicas y de papel.

<sup>6</sup> Diversos estudios empíricos sobre innovación utilizan las patentes como un indicador de la actividad de innovación tecnológica. Como lo han señalado algunos autores (p. ej. Griliches 1990, Basberg 1987), este indicador está lejos de ser perfecto. Algunos de los problemas más conocidos son: a) que no todas las innovaciones se patentan; b) que no todas las patentes se comercializan; c) que las patentes pueden variar mucho en cuanto a nivel de “innovatividad”; y d) que la llamada propensión a patentar (porcentaje de todas las invenciones que se patentan) varía según la industria. Sin embargo, la mayoría de los autores de estudio sobre estos temas tienden a concluir que las estadísticas de patentes pueden ser indicadores útiles. Por ejemplo, como conclusión de un análisis comparativo sobre los datos de recuento de innovación y los datos de patentes como indicadores de la innovación a nivel regional para los EUA, Acs, Anselin y Varga (2002, 1080), concluyen que la “evidencia empírica sugiere que las patentes proporcionan una medida bastante confiable de la actividad innovadora”.

similar al de las entidades con sistemas de CTI del tipo 5 o de nivel de desarrollo medio-bajo (Colima, Durango, Hidalgo, Michoacán, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas) y apenas por encima de los estados que integran el grupo de sistemas estatales de CTI del tipo 6, caracterizados por ser los más rezagados, con capacidades y resultados sumamente limitados, y condiciones muy desfavorables.

Estos primeros resultados muestran a Sonora como un estado que tiene condiciones suficientes para estar generando productos patentables con potencial para la innovación. A pesar de los niveles revelados para las dimensiones anteriores, exhibe resultados positivos en otras dimensiones importantes como la de *conocimiento científico, estructura productiva, comunicación externa y capacidad de difusión*. Debido a estas características mostradas por el sistema de innovación sonorenses, resulta pertinente realizar un análisis de la eficiencia con la que el sistema convierte insumos de innovación en productos de innovación, tarea que emprendemos en la segunda sección de este estudio, pero antes realizamos una breve comparación del rango resultante de este enfoque y el del Foro de Ciencia y Tecnología, sin duda, uno de los estudios tipo ranking que ha sido más influyente en México.

#### RANKING DE LOS SISTEMAS ESTATALES DE CTI CON BASE A SUS CONDICIONES, CAPACIDADES Y RESULTADOS

Los datos de la [figura 2](#) permiten realizar una clasificación de los sistemas de CTI de los estados mexicanos mediante un indicador global que es la suma promediada de las ocho dimensiones. La [figura 4](#) presenta el *ranking* que se produce mediante éste cálculo, el cual, muestra una correspondencia bastante cercana a los resultados obtenidos del análisis de conglomerados, especialmente en lo que respecta a los grupos extremos, es decir, aquellos con las mejores y las más deficientes condiciones, capacidades y resultados.

Figura 4. Ranking de este estudio *vs.* Ranking Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología

Nuestro Ranking	Índice general	Tipo	Ranking FCCyT 2013
1. Distrito Federal	1.782	1	1. Distrito Federal
2. Nuevo León	0.985	1	2. Nuevo León
3. Querétaro	0.709	2	3. Querétaro
4. Morelos	0.381	2	4. Jalisco
5. Coahuila	0.379	3	5. Morelos
6. Baja California Norte	0.359	3	<b>6. Sonora</b>
7. Aguascalientes	0.301	3	7. Chihuahua
8. Jalisco	0.274	4	8. Baja California Norte
9. Baja California Sur	0.239	2	9. Aguascalientes
10. Tamaulipas	0.166	3	10. Coahuila
11. Estado de México	0.110	4	11. Colima
12. Chihuahua	0.100	3	12. Yucatán

Nuestro Ranking	Índice general	Tipo	Ranking FCCyT 2013
<b>13. Sonora</b>	<b>0.037</b>	<b>3</b>	13. Baja California Sur
14. Yucatán	0.006	4	14. Tamaulipas
15. Campeche	-0.007	2	15. Sinaloa
16. Guanajuato	-0.009	4	16. San Luis Potosí
17. Puebla	-0.019	4	17. Puebla
18. Tabasco	-0.045	5	18. Estado de México
19. Quintana Roo	-0.047	5	19. Quintana Roo
20. Sinaloa	-0.140	5	20. Guanajuato
21. San Luis Potosí	-0.202	5	21. Durango
22. Tlaxcala	-0.213	5	22. Hidalgo
23. Colima	-0.235	5	23. Zacatecas
24. Zacatecas	-0.298	5	24. Veracruz
25. Hidalgo	-0.302	5	25. Michoacán
26. Durango	-0.329	5	26. Nayarit
27. Veracruz	-0.371	5	27. Tlaxcala
28. Michoacán	-0.433	5	28. Tabasco
29. Nayarit	-0.664	6	29. Chiapas
30. Guerrero	-0.826	6	30. Oaxaca
31. Chiapas	-0.834	6	31. Guerrero
32. Oaxaca	-0.853	6	32. Campeche

Fuente: elaboración propia.

Bajo este análisis, la posición de Sonora dentro del grupo es la número seis (última) y a nivel nacional es la número 13. Esto difiere del resultado presentado por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico en su *Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2013* (FCCyT 2014), en el que Sonora obtiene la posición seis de 32. Sin embargo, estas disimilitudes podrían deberse a la diferencia en la estructura de dimensiones e indicadores de innovación utilizados en cada análisis. En términos generales, los dos ejercicios presentan una estructura metodológica similar. El Foro también propone una estructura de dimensiones de los sistemas de innovación a nivel entidad federativa, las cuales, están conformadas por una serie de indicadores socio-económicos, así como tecnológicos. La [figura 5](#) presenta una comparación global de ambas metodologías.

Figura 5. Comparación de metodologías para *ranking* de SRIs mexicanos

Aspectos centrales	Estudio Foro Consultivo de CyT	Este estudio
Estructura dimensional	10 dimensiones 58 indicadores	8 dimensiones 24 indicadores
Tratamiento de indicadores	Conversión de datos a unidades per cápita Normalización de datos (estandarización potencial) Ponderación de datos (componentes principales)	Conversión de datos a unidades per cápita Normalización de datos (valor Z)
Indicador global del ranking	Promedio de las 10 dimensiones con indicadores ponderados	Promedio de las 8 dimensiones con indicadores promediados

Fuente: elaboración propia con información de FCCyT 2014.

Ambas metodologías son similares en términos del uso de una estructura de dimensiones a partir de datos en fuentes oficiales (CONACyT, INEGI, SEP, SE, etcétera). En ambos casos, las dimensiones buscan representar los constructos de los sistemas de CTI a nivel estatal: infraestructura de CTI, recursos humanos, inversión, productividad científica, infraestructura empresarial, infraestructura en comunicación, condiciones institucionales, condiciones de mercado. Sin embargo, a un nivel más detallado encontramos diferencias que podrían implicar resultados muy diferentes entre ambas metodologías. Por una parte, el estudio del Foro incluye dos dimensiones adicionales, así como más del doble de indicadores totales para describir dichas dimensiones. Incluso, el tratamiento de los datos y los métodos para encontrar el índice global mediante el cual se realiza el ranking, resulta más complejo en el estudio del FCCyT.

Sin embargo, y a pesar de estas diferencias metodológicas, una comparación entre los *rankings* finales obtenidos mediante ambos estudios muestra que, estadísticamente, los dos presentan resultados similares.<sup>7</sup> Bajo estos resultados, y siguiendo el principio de parsimonia, concluimos que es posible que existan indicadores en el modelo de FCCyT que no contribuyen a la diferenciación entre condiciones y capacidades de los sistemas estatales de CTI. En esencia, se han generado dos *rankings* que no son significativamente diferentes, por lo que la metodología propuesta en el presente estudio, se puede considerar adecuada para describir las posiciones de los estados en términos de capacidades y condiciones de sus sistemas de innovación, no obstante la sencillez aparente de dicha metodología.

## LA EFICIENCIA TÉCNICA DEL SISTEMA DE CTI DE SONORA

### *La evaluación de la eficiencia de los sistemas de CTI*

El término eficiencia se utiliza en una variedad de maneras, pero nuestra acepción de la misma aplicada a los sistemas estatales de CTI corresponde con el concepto de eficiencia técnica introducida por Farrell (1957). La eficiencia técnica se define como la generación de una producción (*outputs*) máxima, dada una determinada

<sup>7</sup> Mediante una prueba estadística de independencia entre datos ordinales (prueba  $\tau$  de Kendall) se comprobó que existe una asociación significativa entre los ordenamientos obtenidos bajo ambas metodologías. Los resultados de la prueba de independencia arrojan un valor  $p$  significativo al nivel 0.05, por lo cual, se debe rechazar la hipótesis nula, la cual, plantea que los rankings son independientes. Es decir, estadísticamente no existe una diferencia significativa entre los ordenamientos que presentan ambos rankings.

cantidad de recursos (*inputs*). Por ejemplo, una empresa se valora técnicamente ineficiente si no logra obtener el máximo rendimiento posible. Las causas pueden ser múltiples y comprenden todo tipo de cuestiones relacionadas con la gestión, como una organización inadecuada del trabajo y el uso no apropiado de la tecnología (Fritsch y Mallok 2002), así como los cuellos de botella en lo que respecta a ciertos insumos. Acomodando estas recisiones al tema de los sistemas estatales de CTI, se puede definir que una entidad es técnicamente eficiente si es capaz de generar el máximo posible de productos de CT e innovación, dada una cierta cantidad de insumos o recursos invertidos en ellos.

Recientemente se han desarrollado una serie de métodos cuantitativos —provenientes principalmente del área de la econometría y la estadística— que buscan medir la eficiencia de los sistemas de innovación como generadores de resultados tangibles. En este sentido, se ha popularizado el uso de herramientas cuantitativas con un enfoque no paramétrico. Una de las ventajas de dichas herramientas es que no requieren asumir una relación de causalidad entre los inputs y outputs en el contexto productivo. Además, permiten el manejo simultáneo de múltiples inputs y outputs (Martínez et al. 2005).

Las fronteras de producción son un caso no paramétrico particular basado en el involucramiento de datos de producción. Entre los métodos con este enfoque, el análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés) es utilizado en una amplia gama de contextos (ver Anexo Metodológico). Esta metodología fue desarrollada por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), y se basa en los principios de la teoría de programación lineal, con el objetivo de comparar el desempeño productivo entre unidades homogéneas, las cuales, pueden ser compañías, universidades, hospitales, bancos, sistemas de transporte, regiones, países etc. Para lograr tal objetivo, DEA se sustenta en el uso de indicadores de productividad (inputs y outputs) para calcular una medida de eficiencia de las unidades bajo estudio. Estos indicadores varían de acuerdo con la naturaleza de la unidad bajo estudio, y generalmente son definidos por quienes toman las decisiones dentro de la unidad productiva.

En años recientes, la literatura reporta una serie de estudios sobre el desempeño de sistemas de innovación que utilizan DEA como herramienta de análisis alrededor del mundo, y para los cuales se observan diferentes objetivos particulares y alcances.

En general, se observan diferencias menores en la selección de indicadores para inputs y outputs utilizados. La mayoría utilizan unidades de análisis a nivel nacional, lo cual, tiene sentido debido a que los estudios son dirigidos a países europeos (aunque algunos trabajos han incluido países como México, China, etcétera). Dada la constitución socio-política del área, el acceso a indicadores homogéneos facilita realizar los estudios a este nivel. En cambio, otros trabajos como el de Bosco y Brugnoli (2010) hacen un esfuerzo por llevar el estudio al nivel sub-nacional, utilizando regiones específicas de diferentes países.

La selección del nivel de la unidad de análisis depende completamente del objetivo del estudio, y cada uno tiene diferentes metas y argumentos para decidir utilizar uno u otro nivel. Sin embargo, durante los últimos años, ha habido un énfasis en las regiones como el nivel crítico para el análisis de la competitividad y el desempeño. En particular, algunos argumentan que las actividades de innovación no se distribuyen homogéneamente a través del espacio, sino que tienden a aglomerarse en ciertas regiones (Enright 2003; Feldman 1994; Porter 1998; Moreno et al. 2005).

Esta tendencia en los estudios regionales ha motivado a llevar el análisis al nivel sub-nacional. Además, encontramos un hueco importante en la literatura para estudios empíricos que busquen evaluar el desempeño de las actividades de innovación en México bajo un enfoque cuantitativo, como el de eficiencia relativa. La [figura 6](#) muestra una selección de estudios sobre estimaciones de la eficiencia de sistemas de innovación o sistemas de CTI a nivel mundial bajo el enfoque del DEA.

Figura 6. Algunas aplicaciones de DEA para evaluar sistemas de I+D+i

Autor	Objetivo	Inputs/Outputs	Resultados/alcance
Lee y Park (2005)	Medir la productividad de I+D al nivel nacional (Asia).	<i>Inputs:</i> Gasto en I+D y número de investigadores (1994-1998), <i>Outputs:</i> Balanza tecnológica, publicaciones, número de patentes (1999).	Estimación de la eficiencia de I+D en 27 países
Zabala-Iturriagoitia et al. (2007)	Probar que existe una relación directa entre las capacidades de los SRIs y la eficiencia en actividades de I+D.	<i>Inputs:</i> Población con alta educación; población que participa en aprendizaje continuo; fuerza laboral en manufactura de tecnología media/alta; fuerza laboral en servicios de alta tecnología; gasto en I+D/PIB (público y privado); No. de patentes. <i>Outputs:</i> PIB per cápita regional.	Se encontró que regiones con menos recursos en CTI son más eficientes que regiones con SRI consolidados y de mayor inversión en el sector
Hollander y Esser (2007)	Estimar las eficiencia técnica para la generación de innovaciones (países).	<i>Inputs:</i> Indicadores input del <i>European Innovation Scoreboard</i> . <i>Outputs:</i> Indicadores output del <i>European Innovation Scoreboard</i> .	Se encontraron áreas de oportunidad para países con baja eficiencia (políticas de producción de propiedad intelectual.
Bosco y Brugnoli (2010)	Evaluar la eficiencia técnica relativa de una muestra de países de la OCDE y la existencia de una relación positiva con la productividad a nivel regional.	<i>Inputs:</i> Gasto público en I+D, gasto privado en I+D, fuerza laboral con educación superior, empleos manufactureros de media/alta tecnología, empleos en servicio intensivo de conocimiento. <i>Outputs:</i> Patentes solicitadas	No encuentran una relación positiva entre insumos y productos de innovación, con algunos indicadores de productividad regional (valor agregado bruto).

Fuente: elaboración propia.

### *Selección de indicadores de input y output*

Algunos estudios previos sobre evaluación de la eficiencia de sistemas de CTI a nivel sub-nacional han propuesto una serie de indicadores de *input* y de *output* (Werner y Souder 1997; Park et al. 2003; Wakelin 2001), aunque se debe reconocer que la mayoría de los estudios recientes se han basado en los indicadores propuestos por el *European Innovation Scoreboard*, EIS (Hollanders y Van-Cruysen 2008).

De acuerdo con disponibilidad de datos de CTI en México, para fines del presente análisis, se han seleccionado los siguientes indicadores, tratando en lo posible de seguir los indicadores propuestos por el EIS.

Indicadores de insumos (*inputs*):

- El número de posgrados pertenecientes al Programa Nacional de Calidad del Posgrado por cada 10 000 de la población económicamente activa (POSG-CAL)
- El gasto público en investigación y desarrollo (millones de pesos) aplicados por FOMIX y Ciencia Básica en los estados como porcentaje del PIB estatal (gasto I+D)
- El número de investigadores pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores por cada 10 000 de la población económicamente activa (SNIs).

Indicadores de productos generados (*outputs*):

- El número de patentes, modelos de utilidad y diseños solicitados por cada 10 000 de la población económicamente activa (Patents)
- El número de artículos científicos publicados por cada 10 000 de la población económicamente activa (Publs).<sup>8</sup>

Los datos para los inputs y outputs se obtuvieron de las bases disponibles al público general en las páginas web de CONACyT, INEGI, ANUIES, así como de algunas publicaciones especiales de CONACyT, específicamente “La actividad del CONACyT por entidad federativa 2008”. La [figura 7](#) presenta los indicadores seleccionados para el análisis de eficiencia correspondiente a las 32 entidades federativas.

Figura 7. Indicadores de insumos y productos para los Sistemas Estatales de CTI

Estados	Insumos			Productos	
	POSG-CAL	GASTO I+D	SNIs	PATENTS	PUBLS
Aguascalientes	0.25	0.17	2.21	1.27	2.21
Baja California	0.61	0.10	4.62	0.47	6.64
Baja California Sur	0.49	0.61	12.56	0.28	18.95
Campeche	0.09	0.03	3.18	0.67	2.46
Chiapas	0.04	0.25	0.90	0.13	0.95
Chihuahua	0.22	0.08	1.55	0.51	2.02
Coahuila	0.42	0.13	2.45	1.13	2.92
Colima	0.61	0.77	6.44	0.31	6.26
Distrito Federal	1.27	0.14	21.31	3.39	34.86
Durango	0.08	0.18	1.26	0.27	1.59
Estado de México	0.17	0.09	1.78	0.75	1.44
Guanajuato	0.28	0.30	2.72	1.76	0.17
Guerrero	0.02	0.09	0.47	0.05	1.37
Hidalgo	0.15	0.27	2.39	0.27	10.45

<sup>8</sup> Estos datos fueron tomados de CONACyT para el año 2007 o 2008, con el fin de tener una brecha de tiempo de tres a cuatro años que se consideran para que estos insumos impacten sobre el nivel de los outputs considerados; mientras que los indicadores para lo “productos”: patentes y otros derechos de propiedad industrial y publicaciones corresponden al año 2010.

Estados	Insumos			Productos	
	POSG-CAL	GASTO I+D	SNI <sub>s</sub>	PATENTS	PUBLS
Jalisco	0.37	0.19	3.75	1.95	3.78
Michoacán	0.32	0.15	3.44	0.15	4.02
Morelos	0.42	0.55	15.75	0.79	24.81
Nayarit	0.04	0.58	0.67	0.04	0.90
Nuevo León	0.63	0.24	3.71	2.95	4.60
Oaxaca	0.09	0.10	1.13	0.17	0.60
Puebla	0.38	0.12	3.42	1.01	5.63
Querétaro	0.41	0.35	5.75	1.85	9.02
Quintana Roo	0.07	0.12	1.93	0.58	3.39
San Luis Potosí	0.59	0.64	3.51	0.58	1.62
Sinaloa	0.13	0.09	1.93	0.57	2.12
Sonora	0.36	0.26	3.20	0.30	4.46
Tabasco	0.05	0.10	1.24	0.13	0.83
Tamaulipas	0.14	0.14	1.27	0.87	1.20
Tlaxcala	0.18	0.44	2.54	0.21	1.35
Veracruz	0.16	0.12	1.77	0.11	1.49
Yucatán	0.53	0.61	5.56	1.50	6.85
Zacatecas	0.13	0.30	2.40	0.28	2.22

Fuente: elaboración propia con base en CONACYT e INEGI.

En lo que respecta a los indicadores de insumo, Sonora ocupa el 12° lugar en el número de programas de posgrado de calidad ponderado por el tamaño de la PEA. Exactamente el mismo lugar (12°) entre las entidades al nivel de gasto público en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB estatal; pero sólo alcanza el 13° lugar por el número de investigadores nacionales por cada 10 000 de la PEA. La situación es distinta en cuanto a los indicadores de *output*, ya que Sonora ocupa el 20° lugar como producto de invenciones (patentes y otras modalidades de protección industrial), y el 11° entre las entidades de acuerdo con el número de publicaciones, ponderadas por el tamaño de la PEA. Estas diferencias, al menos de forma intuitiva, permiten estimar que la entidad no es eficiente, cuestión que se profundiza mediante la herramienta del análisis DEA realizado en la siguiente sección.

*Resultados: Los índice de eficiencia técnica del Sistema de CTI de Sonora*

A partir de las variables contenidas en la [figura 7](#), se definieron seis modelos de eficiencia (véase [Figura 8](#)) diferenciados por la mezcla de *inputs* y *outputs* que éstos incluyen. El análisis DEA se llevó a cabo para los 32 sistemas de innovación bajo cada uno de los seis modelos.

Los índices de eficiencia obtenidos para cada entidad federativa se presentan en la [figura 9](#). En lo que respecta al modelo A, que se refiere a la eficiencia general (los tres insumos y los dos productos), los resultados muestran que de las 32 entidades del país, seis son relativamente eficientes (D.F., Campeche, Hidalgo, Morelos Nuevo León y Quintana Roo); estas entidades se encuentran en la frontera de la eficiencia. Sonora, en lo particular, se ubica entre las 10 entidades menos eficientes del país, en el lugar 24, sólo por encima de las ocho entidades menos eficientes como sistemas de CTI: Colima, Oaxaca, S.L.P., Tlaxcala, Veracruz, Nayarit, Tabasco y Zacatecas. El índice de eficiencia general de Sonora, igual a 42.2 por ciento, significa que con el mismo nivel de empleo de los insumos (POSG-CAL, Gasto I+D y SNIS) que los estados que se encuentran en la frontera de la eficiencia, dicha entidad sólo alcanza a producir el 42.1 por ciento de las patentes (Patents) y publicaciones (Publs). Desde otra perspectiva, Sonora tendría un margen equivalente al 67.8 por ciento para incrementar la obtención de producto, siempre y cuando se implementaran las medidas adecuadas para elevar la eficiencia de su sistema de CTI.

Figura 8. Modelos de eficiencia general y parcial

Modelos de Eficiencia	Insumos ( <i>inputs</i> )			Productos ( <i>outputs</i> )	
	Posgrados de Cal.	Gasto en I+D	Miembros del SNI	Generación de Patentes	Publicaciones
A. Eficiencia general (3 insumos y 2 productos)	X	X	X	X	X
B. Eficiencia general-patentes (3 insumos y 1 producto)	X	X	X	X	
C. Eficiencia general-publicaciones (3 insumos y 1 producto)	X	X	X		X
D. Eficiencia parcial del Posgrados de Calidad (1 insumos y 2 productos )	X			X	X
E. Eficiencia parcial del insumo Gasto en I+D (1 insumo y 2 productos)		X		X	X
F. Eficiencia parcial del insumo investigadores sin (1 insumo y 2 productos)			X	X	X

Fuente: elaboración propia.

La baja producción de patentes y otras formas de propiedad intelectual, aunada al bajo aprovechamiento de los recursos de CTI, hacen que Sonora exhiba un índice de eficiencia hacia el producto patentes (modelo B) más bajo que el modelo general (igual al 14.7 por ciento). Esto quiere decir que, en este caso, la entidad solo produce el 14.7 por ciento de las patentes que obtienen las entidades que se ubican en la frontera de la eficiencia en este modelo (D.F., Nuevo León, Campeche, Q. Roo y Tamaulipas) con el uso de niveles similares de los insumos del sistema de CTI. En este caso, Sonora resultó tener un nivel de eficiencia mínimo (lugar 27), únicamente por arriba de Nayarit, Veracruz, Michoacán y Colima.

Figura 9. Índices de eficiencia insumo-producto de los sistemas de CTI de las entidades federativas, por modelo (%)

	Modelo de eficiencia					
	A Eficiencia General	B Eficiencia General - patentes	C Eficiencia General- publicaciones	D Eficiencia Posgrado de Calidad	E Eficiencia Gasto en I+D	F Eficiencia Investigadores SIN
Aguascalientes	91.2	90.5	28.8	64.1	31.0	74.7
Baja California	71.8	31.0	71.8	18.2	28.1	38.9
Baja California Sur	68.4	7.5	68.4	57.0	12.5	34.5
<b>Campeche</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	81.6	93.8	90.1	35.7
Chiapas	51.4	44.5	35.5	48.3	2.3	35.9
Chihuahua	69.6	49.3	46.1	28.4	26.1	57.3
Coahuila	78.2	69.7	42.3	33.2	36.9	67.5
Colima	24.3	7.7	22.2	16.2	3.3	24.3
<b>Distrito Federal</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	49.7	<b>100.0</b>	48.4
Durango	57.7	46.7	28.8	41.1	6.3	45.8
Estado de México	82.4	82.3	29.7	56.1	36.3	56.0
Guanajuato	98.1	98.1	1.4	79.2	23.9	81.5
Guerrero	86.8	27.2	84.3	86.8	6.2	69.4
<b>Hidalgo</b>	<b>100.0</b>	24.7	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	15.8	<b>100.0</b>
Jalisco	98.7	98.3	36.3	66.4	43.0	69.6
Michoacán	45.2	8.6	45.2	19.0	10.9	28.0
<b>Morelos</b>	<b>100.0</b>	23.5	<b>100.0</b>	88.1	18.3	36.9
Nayarit	36.3	14.0	34.0	35.9	0.6	33.2
<b>Nuevo León</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	39.5	58.6	51.3	<b>100.0</b>
Oaxaca	31.5	28.2	14.3	23.6	7.1	25.0
Puebla	88.4	60.0	68.6	33.4	34.1	61.3
Querétaro	85.0	69.1	51.6	56.3	22.2	62.4
<b>Quintana Roo</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	70.7	<b>100.0</b>	20.3	64.3
San Luis Potosí	24.9	20.8	10.6	12.2	3.8	24.9
Sinaloa	79.3	71.8	42.0	56.3	27.7	50.1
<b>Sonora</b>	<b>42.1</b>	<b>14.7</b>	<b>38.7</b>	<b>21.0</b>	<b>6.9</b>	<b>37.4</b>
Tabasco	35.7	33.9	24.6	34.9	5.3	23.7
<b>Tamaulipas</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	22.2	80.2	26.6	86.5
Tlaxcala	22.4	17.1	12.1	15.3	2.0	18.8
Veracruz	28.6	11.9	26.3	16.4	5.1	23.2
Yucatán	55.7	43.2	28.4	35.2	10.2	50.6
Zacatecas	39.4	30.3	25.4	33.5	4.0	30.0

Fuente: elaboración propia mediante xLDEA®.

En el modelo C, que mide la eficiencia orientada exclusivamente al output “publicaciones”, el resultado para Sonora es menos desfavorable. Ocupa el lugar 16 con un índice de eficiencia técnica igual al 38.7 por ciento, es decir, se encuentra a la mitad del ranking de las 32 entidades federativas. Cabe destacar que en este aspecto casi todas las entidades del norte de México observan una baja productividad de comunicaciones científicas.

En el modelo D, que intenta estimar el grado en que son redituables las inversiones en la formación de capital humano altamente calificado, a través del índice de eficiencia del insumo “posgrado de calidad” (POSG-CAL), los resultados muestran que solo tres estados son relativamente eficientes (D.F, Hidalgo y Morelos), de acuerdo con la productividad de patentes y publicaciones. Sonora en este renglón es uno de los estados menos eficientes del país, ocupando el lugar 26, sólo por encima de seis entidades federativas (B.C., Colima, Michoacán, S.L.P. Tlaxcala y Veracruz).

En el modelo E, orientado a estimar la eficiencia del gasto público en investigación y desarrollo de acuerdo con la capacidad para generar *outputs* (patentes y publicaciones), los resultados de nuevo fueron muy desfavorables para Sonora, ya que con un índice equivalente al 6.9 por ciento ocupa el lugar 22 entre todas las entidades.

Por último, se evaluó la eficiencia técnica de una de las principales capacidades de I+D: los investigadores de excelencia o pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores (SNI). En el modelo de eficiencia F, Sonora ocupa el lugar 19, por encima de 13 entidades, con un índice de eficiencia igual a 37.4 por ciento.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de la primera parte de esta investigación revelan que Sonora, junto con otras entidades fronterizas, pertenecen a una clase de sistemas de CTI que se pueden considerar de un nivel de desarrollo medio-alto, sistemas de CTI que se caracterizan por ser de un nivel destacado de internacionalización, y por contar con una estructura productiva moderna orientada a la economía internacional e interconectada con los circuitos globales de comunicación. Lo anterior significa que las mayores fortalezas de la entidad residen en el nivel de vinculación con el contexto internacional y la internacionalización económica, así como una estructura productiva especializada en industrias de exportación, con una destacada presencia de IED y empresas de tamaño grande. La entidad, por otra parte, presenta desventajas en el aspecto de las “precondiciones” para la innovación, específicamente las derivadas de la baja densidad poblacional que la caracteriza, lo que limita sus potencialidades como sistema de CTI. Otra de las principales debilidades de Sonora estriba en el desempeño deficiente que se observa en relación a las denominadas “salidas del sistema”, particularmente en lo que se refiere a sus niveles bajos de generación de innovaciones, medidas por la solicitud de derechos de propiedad intelectual.

Con base a las ocho dimensiones que se han empleado para evaluar las capacidades, condiciones y resultados de los sistemas de CTI de las entidades federativas, se ha realizado también un ejercicio de “ranqueo” que, en general, arroja resultados que se corresponden con otros estudios realizados con el mismo propósito, aunque con diferente metodología (Foro Consultivo 2014). Sin embargo, si enfocamos la atención a resultados particulares para Sonora, podemos observar que ocupa la posición 13 (de 32) de acuerdo con el nivel de desempeño mostrado en las ocho dimensiones de análisis de este estudio, situación que contrasta notablemente con los resultados de la clasificación del Foro Consultivo, quienes ubican a Sonora como la entidad número seis. Lo anterior, revela que cuando se incorporan en este tipo de criterios como precondiciones para la innovación, condiciones estructurales y resultados, los efectos de clasificación y “ranqueo” difieren notablemente.

En la segunda parte de esta investigación se ha estimado la eficiencia técnica en las entidades federativas de México, contempladas como sistemas de CTI, utilizando el análisis envolvente de datos (DEA) a manera de método de estimación. Los resultados obtenidos aportan información valiosa acerca del desempeño en las distintas entidades federativas, dando un posicionamiento de cada una de ellas de acuerdo con sus niveles de eficiencia. De esta manera, destacan Distrito Federal, Nuevo León e Hidalgo como los más eficientes, mientras que Tlaxcala, Oaxaca, Nayarit, Colima, San Luis Potosí, Chiapas y Veracruz como los más ineficientes. Sonora en particular se encuentra en la posición 24 (entre los diez últimos estados) por su nivel de eficiencia técnica general, lo cual, lo ubica muy alejado de la posición número seis que se le asigna en el ranking de acuerdo a capacidades desarrollado, por el Foro Consultivo.

De acuerdo con Becerril-Torres et al. (2010) el cálculo de la eficiencia técnica de las entidades federativas permite la posibilidad de reflexionar sobre las políticas públicas en México y sugerir algunas más. Las implicaciones se relacionan con que es posible mejorar la producción haciendo un uso más eficiente de los *inputs* de CTI, esto puede ser posible mediante el diseño de políticas encaminadas a hacer un mejor uso de los factores (insumos de CTI) y a través de la mejora en la calidad de los mismos.

## ANEXO METODOLÓGICO

### *El Análisis Envolvente de Datos (DEA)*

Asumiendo que deseamos evaluar la eficiencia de  $n$  unidades, definimos un conjunto de unidades como  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ . Si las unidades producen un solo output utilizando un solo input, entonces la definición básica de eficiencia descrita anteriormente aplica, y la eficiencia de la unidad  $p$ ,  $DMU_p$ ,  $p \in N$ , se define como:

$$\theta_p = \frac{y_p}{x_p}, \quad (1)$$

En donde  $y_p$  es el valor del output producido por  $DMU_p$ , y  $x_p$  el valor del input utilizado.

En el caso donde las unidades producen múltiples outputs a partir de varios inputs, la eficiencia de  $DMU_p$  se define como la razón entre la suma ponderada de outputs virtuales y la suma ponderada de inputs virtuales.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Suma ponderada de outputs virtuales}}{\text{Suma ponderada de inputs virtuales}}$$

Asumiendo que existen  $n$  DMU, cada una con  $m$  inputs y  $s$  outputs, la eficiencia relativa de una  $DMU_p$  se obtiene resolviendo la siguiente programación matemática fraccional propuesta por Charnes et al. (1978):

$$\max \theta = \frac{\sum_{k=1}^s v_k y_{kp}}{\sum_{j=1}^m u_j x_{jp}} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{s.a. } & \frac{\sum_{k=1}^s v_k y_{ki}}{\sum_{j=1}^m u_j x_{ji}} \leq 1 \quad \forall i \\ & v_k, u_j \geq 0 \quad \forall k, j, \end{aligned}$$

Donde:

$k = 1$  a  $s$ ,

$j = 1$  a  $m$ ,

$i = 1$  a  $n$ ,

$y_{ki}$  = cantidad de output  $k$  producido por DMU  $i$ ,

$x_{ji}$  = cantidad de input  $j$  utilizado por el DMU  $i$ ,

$v_k$  = peso dado al output  $k$ ,

$u_j$  = peso dado al input  $j$ ,

La programación fraccional mostrada anteriormente se vuelve lineal mediante una restricción que requiere que la suma ponderada de inputs sea igual a uno. Esto lleva a un nuevo problema de optimización alternativo, el modelo CCR *orientado a input*, donde la función objetivo consiste en maximizar la suma ponderada de outputs:

$$\max' \theta = \sum_{k=1}^s v_k y_{kp} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{s.a. } & \sum_{j=1}^m u_j x_{jp} = 1 \\ & \sum_{k=1}^s v_k y_{ki} - \sum_{j=1}^m u_j x_{ji} \leq 0 \quad \forall i \\ & v_k, u_j \geq 0 \quad \forall k, j. \end{aligned}$$

Sea  $\theta^*$  el valor óptimo de la función objetivo correspondiente a la solución óptima  $(u^*, v^*)$ . La DMU  $p$  se denomina eficiente si  $\theta^*=1$  y si existe al menos una solución óptima  $(u^*, v^*)$  tal que  $v^* > 0$  y  $u^* > 0$ .

El problema anterior se corre  $n$  veces para calcular el puntaje de eficiencia relativa de cada DMU bajo estudio. En general, el puntaje de eficiencia se encuentra entre 0 y 1, en donde una DMU se considera eficiente si obtiene puntaje de 1 y cualquier puntaje diferente de 1 lo define como ineficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acs, Z. J., L. Anselin y A. Varga. 2002. Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge. *Research Policy* XXXI (7): 1069-1085.
- ARegional. 2010. Índice de Innovación Estatal (I2E) 2010. *Serie: Innovación Regional X* (31).
- Banker, R., A. Charnes, y W. Cooper. 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Sciences* XXX (9): 1078-1092.
- Basberg, B. L. 1987. Patents and the measurement of technological change: a survey of the literature. *Research Policy* XVI (2): 131-141.
- Becerril-Torres O., I. Álvarez-Ayuso y L. Del Moral-Barrera. 2010. Eficiencia técnica de las entidades federativas de México. *Economía, Sociedad y Territorio* X (33): 485-511.
- Bernard, A., J. Eaton y S. Kortum. 2003. Plants and Productivity in International Trade. *American Economic Review* XCIII (4): 1268-1290.
- Bosco, M. G., y A. Brugnoli. 2010. Regional efficiency, innovation and productivity. En Regional Studies Association Annual International Conference, Pécs, Hungary.
- Carlino G, S. Chatterjee y R. Hunt. 2007. Urban density and the rate of invention. *Journal of Urban Economics* LXI (3): 389-419.
- Charnes, A., W. Cooper y E. Rhodes. 1978. Measuring the efficiency on Decision Making Units. *European Journal of Operational Research* II (6): 429-444.
- Clarysse, B. y U. Muldur. 2001. Regional cohesion in Europe? An analysis of how EU public RTD support influences the techno-economic regional landscape. *Research Policy* XXX (2): 275-296.
- COFETEL. 2008. Sistema de Información Estadística de Mercados de Telecomunicaciones. <http://siemt.cft.gob.mx/siem/> (15 de Agosto de 2012).
- Cooper, W., L. Seiford y K. Tone. 2000. *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications, References and DEA-Solver Software*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

- \_\_\_\_\_. 2006. *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software 2nd ed.* New York: Springer.
- David, P. y D. Foray. 1995. Accessing and expanding the science and technology knowledge base. *STI Review* XVI: 13-68.
- Dosal C., C. Gutiérrez y A. Saracho. 2011. ¿Quiénes son los emprendedores innovadores mexicanos? USAID-Fundación Idea.
- Dutrénit, G., M. Capdevielle, J. Corona, M. Puchet, F. Santiago y A. VeraCruz. 2010. *El sistema nacional de innovación mexicano: estructuras, políticas, desempeño y desafíos.* Alemania: University Library of Munich.
- El-Mahgary, S. y R. Ladhelma. 1995. Data Envelopment Analysis: Visualizing the results. *European Journal of Operational Research* LXXXIII (3): 700-710.
- Enright, M. J. 2003. Regional clusters: what we know and what we should know. En *Innovation clusters and interregional competition*, editado por Bröcker, J., D. Dohse y R. Soltwedel. Berlin y Heidelberg: Springer.
- Feldman, M. 1994. *The geography of innovation II.* Springer Science & Business Media.
- Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología, AC (FCCyT). 2014. *Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, capacidades y oportunidades de los Sistemas Estatales de CTI.* México: FCCyT.
- \_\_\_\_\_. 2012. *Diagnósticos en Ciencia, Tecnología e Innovación.* México: FCCyT.
- Griliches, Z. 1990. Patent statistics as economic indicators: a survey. No. 3301. National Bureau of Economic Research.
- Godinho, M., S. Mendonça y T. Pereira. 2006. A Taxonomy of National Innovation Systems: Lessons From an Exercise Comprising a Large Sample of Both Developed, Emerging and Developing Countries. GLOBELICS 2006. 4-7 Octubre. Kerala, India.
- Hollanders H. y A. Van Cruysen. 2008. Rethinking the European Innovation Scoreboard: A New Methodology for 2008-2010. *INNO Metrics Publications.* Brussels: European Commission.
- Hollanders, H. y F. Celikel-Esser. 2007. Measuring innovation efficiency, *INNO Metrics 2007. Report.* Brussels: European Commission.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). 2010. IMPI en cifras. <http://www.impi.gob.mx/QuienesSomos/Paginas/ImpiCifras.aspx> (6 de marzo de 2012).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2008. Banco de Información Económica. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/> (8 de agosto de 2012).

\_\_\_\_\_. 2006. Encuesta Nacional de Innovación. Distrito Federal: INEGI.

International Study Group on Exports and Productivity. 2007. Exports and productivity-comparable evidence for 14 countries (No. 65). University of Lüneburg Working paper series in economics: Germany.

Knudsen B, R. Florida, G. Gates y K. Stolarick. 2007. Urban density, creativity and innovation. *Working Paper*, The Martin Prosperity Institute. University of Toronto.

Koschatzky, K., M. Kulicke y A. Zenker (editores). 2001. *Innovation networks: concepts and challenges in the European perspective*. Heidelberg: Physica-Verlag.

Lee H. y Y. Park. 2005. An international comparison of R&D efficiency: DEA approach. *Asian Journal of Technology Innovation* XIII (2): 207–222.

Melitz M. 2003. The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity. *Econometrica* LXXI (6): 1695-1725.

Moreno, R., R. Paci y S. Usai. 2005. Geographical and sectoral clusters of innovation in Europe. *The Annals of Regional Science* XXXIX (4), 715-739.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), México. 2009. *OCDE Reviews of Innovation Policy*. Mexico: OECD.

Official Statistics of Norway. 2004. *Innovation Statistics in the Business Enterprise Sector 2001*. Oslo, Norway: OSN.

Park, K., J. Shin y Y. Park. 2003. A Study on the Aggregation and Structuring of Technological Knowledge Indicators. *Technology Innovation Research* XI (1): 125-145.

Pavitt, K. 1984. Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy* XIII (6): 343–373.

Porter, M. E. 1998. Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review* LXXVI (6): 77-90. Boston.

Serrano-Cinca, C., Y. Fuertes-Callen y C. Mar-Molinero. 2005. Measuring DEA Efficiency in Internet Companies. *Decision Support Systems* XXXVIII (4): 557-573.

Sterlacchini, A. 2006. Innovation knowledge and regional economic performances: regularities and differences in the EU. DRUID Summer Conference 2006. Copenhagen, Dinamarca.

Uhrbach, M. 2009. *Innovation in the Canadian manufacturing sector: Results from the Survey of Innovation*. Ottawa Canada: Statistics Canada.

Wakelin, K. 2001. Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms. *Research Policy* XXX (7): 1079-1090.

Werner, B. y W. Souder. 1997. Measuring R&D Performance: State of the Art. *Research Technology Management* XL (2): 34-41.

EL TERRITORIO INFORMACIONAL  
Y LA SOCIEDAD DE CONOCIMIENTO.  
EXPERIENCIAS DE *LOCATIVE MEDIA*  
Y MOVILIDAD DE LA INFORMACIÓN  
EN HERMOSILLO, SONORA

María del Socorro Arvizu<sup>1</sup>

INTRODUCCIÓN

El Territorio Informacional (TI), la intersección dada entre el espacio geográfico real y el “virtual” o ciberespacio, constituye en nuestros días una fuente inagotable de información y un laboratorio prácticamente inexplorado del ejercicio de la ciudadanía digital dentro de un espacio que se controla, pero por el que también se es controlado; se trata de una clara expresión de las transformaciones sociales derivadas del tránsito hacia la sociedad del conocimiento, mismas que se manifiestan a lo largo y ancho del planeta. Hermosillo, Sonora no es la excepción.

La capital del estado de Sonora es uno de los muchos ejemplos de la ocurrencia de un cúmulo de interacciones inéditas que registran sus habitantes en el espacio digital; dichas relaciones, que abarca la esfera social, política, cultural y económica, conforman un territorio informacional cuyo peso e influencia no pasa inadvertido. Incluso; podría tener un papel determinante en la formación de la opinión pública, especialmente en coyunturas electorales.

El hecho de que más personas usan de manera constante las tecnologías de la información, consumiendo todo tipo de gadgets (teléfonos inteligentes, tablets, phablets, laptops, etcétera), movilizandocantidades crecientes de datos, empleando más tiempo en las diversas redes y cambiando los patrones de interacción social, perfila la pregunta que incentiva la redacción de este texto: ¿Qué papel juega la creciente movilidad de la información, el uso intenso del *locative media*, el desarrollo del territorio informacional y la presencia de una “masa crítica” de usuarios de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) en el afianzamiento de la sociedad del conocimiento en una región determinada como es Hermosillo Sonora?

Para ello, se plantea un recorrido por los conceptos de territorio informacional, movilidad de información y *locative media*, así como su expresión práctica tanto a nivel nacional e internacional como en la ciudad objeto de estudio.

El texto se organiza de la manera siguiente: en un primer apartado se abordan los conceptos Sociedad del Conocimiento y Territorio Informacional (TI), este último, clave dentro del paradigma de movilidad informacional; fenómeno que ocurre a través del llamado *locative media*, esto es, el intercambio de comunicación (fotos, textos, videos, ruta GPS, etcétera) georeferenciada o anclada a un espacio físico específico.

En un segundo apartado se analizan las condiciones nacionales e internacionales relativas a la conformación de un TI, mientras que un tercero se ocupa del Territorio Informacional de Hermosillo.

---

<sup>1</sup> Maestra en Ciencias Sociales por El Colegio de Sonora. Contacto: [leia.y2k@gmail.com](mailto:leia.y2k@gmail.com)

Finalmente a manera de conclusiones se formulan algunas consideraciones sobre el potencial que posee el TI para desarrollar una dinámica Sociedad del Conocimiento en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

## LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO Y EL TERRITORIO INFORMACIONAL

La intensa incorporación de TIC en los procesos productivos (propios de la economía y la sociedad del conocimiento) determinó con el paso del tiempo su popularización entre el ciudadano común; esto propició un rápido intercambio de datos en línea vinculados a un punto geográfico particular creando el llamado territorio informacional. Concepto creado por André Lemus para denotar la intersección, o zona de convergencia, entre el ciberespacio (internet, data clouds, bases de datos) y el espacio físico en el que se genera el dato (texto, imagen, video), en otras palabras, lo que los individuos interconectados, habitantes de una ciudad, de un territorio determinado, han creado en la nube. Dicho TI es concebido consciente o inconscientemente a partir del uso de las TIC.

El espacio está constituido por lugares erigidos dentro de territorios en un interminable proceso de influencias mutuas, horizontales y verticales, pero existe una nueva forma de territorio en las sociedades contemporáneas, el digital e informacional (Lemus 2010). Para Lemus, la territorialidad es un artefacto cultural que conforma relaciones sociales y nuestra relación con el mundo material y simbólico; siempre estamos inmersos en capas territoriales (subjetiva, física, cultural, política, económica) y estas capas constituyen lugares. Por TI se entiende el control (y el ser controlado por) del flujo de información digital en un área física. Es un nuevo territorio dentro de los lugares creado por la intersección entre el espacio urbano y el ciberespacio, con nuevas formas de acceso y control. Dicho territorio nace en el momento en que fue posible vincular el almacenamiento de un dato con su correspondiente ubicación geográfica: tal articulación puede ir desde los primeros *posts* en *Usenet* hasta la red de cámaras de vigilancia ubicadas en distintos puntos estratégicos de la ciudad.

De esa manera, toda esta actividad queda registrada y puede rastrearse a partir de datos georeferenciados o con el uso de etiquetas, el sistema de clasificación humana (o folksonomy), que de manera similar a la clasificación botánica, organiza los millones de temas que fluyen constantemente en la red. Así, para tomar el pulso de un tema o continuar una conversación, sólo es necesario buscar la etiqueta o hashtag correspondiente.

El estudio de este territorio anárquico puede ser abordado a través del paradigma de nuevas movilidades descrito por Sheller y Urry (2012), que plantea el estudio de los movimientos interdependientes de personas, información, imágenes y objetos, rompiendo con la idea de que lo social está constituido por intensas relaciones entre individuos atados a una proximidad física.

El paradigma de las nuevas movilidades arguye que los viajes y las tecnologías de la comunicación han permitido la proliferación de conexiones a distancia, y estas, a la distancia e intermitentes, son cruciales en el desdoblamiento de la vida social.

Desde esta perspectiva, resulta problemático asumir que las relaciones sociales involucran sólo contactos humanos (por ejemplo, conversaciones cara a cara), puesto que los viajes y las tecnologías de comunicación median fuertemente las concepciones de las personas tanto de sí mismas como de sus relaciones con otros y el mundo (Caletrío 2012).

Las relaciones sociales traspasan, pues, las fronteras de la cercanía y la proximidad, y exactamente lo mismo ocurre con la información, que viaja a velocidades insospechadas y no sólo permite saber lo que ocurre del otro lado del planeta —o en el extremo opuesto del territorio urbano—, sino saberlo en tiempo real, comentar, intervenir y contribuir a la comprensión del fenómeno, así como a su construcción en el territorio informacional.

La reacción de los individuos interconectados a una red social cuando ocurre un evento determinado (por ejemplo, un asesinato a plena luz del día, la huelga de una universidad o el cierre de una radio comunitaria), conforma un *hub* de comentarios, fotografías, videos, opiniones y puntos de vista, constructor de una narrativa creada desde la ciudadanía digital, con una capacidad de propagación en ocasiones viral y generalmente más rápida que cualquier medio de comunicación tradicional.

El ecosistema móvil de una ciudad posibilita el tránsito de toda esta información a través de avanzadas redes de comunicación, puntos de acceso inalámbrico así como la presencia ubicua de toda clase de dispositivos de acceso, la proliferación de aplicaciones diseñadas para optimizar su movimiento entre los individuos interconectados, o nodos de la red.

Partiendo del fenómeno de la movilidad de la información, el concepto de *locative media* sirve para ubicar, entre todas las posibles unidades de datos que viajan a través de este ecosistema, a los que tienen un anclaje territorial, es decir, tienen que ver con el espacio urbano o funcionan a partir de un punto de intersección de éste con el ciberespacio.

El término implica una aproximación interdisciplinaria al diseño y estudio de sistemas y ambientes *location-aware* responsivos y/o interactivos. Abarca desde arte y juegos móviles, instalaciones y ambientes sensibles a la localización, sistemas y aplicaciones móviles interconectadas en tiempo real y proyectos de mapeo que utilizan datos referenciados geoespacialmente y/o imágenes satelitales.

El uso de *locative media* es tan viejo como el primer GPS, la primera fotografía georeferenciada o el primer dato etiquetado (lo que implica una referencia espacial), excepto que con la llegada de las nuevas tecnologías se ha masificado, dando como resultado una cantidad exorbitante de material de este tipo; toda esta información en movimiento constante, y por tanto en construcción continua, potenciada a través de fenómenos como el *locative media*, conforma el llamado Territorio Informacional.

¿Qué relación tiene el TI con la sociedad basada en el conocimiento, o sociedad informacional? Si partimos del hecho de que el término “Sociedad del Conocimiento” describe a las economías que han potencializado su producción gracias al uso intensivo de la información, la tecnología y el conocimiento en la creación de valor (Molina y Hernández 2011, 1) es fácil establecer la relación: las sociedades basadas en el conocimiento tienden a contar con un extenso ecosistema de TIC, y un TI ampliamente desarrollado, que se constituyen en una incubadora perfecta para la innovación y “hábitat natural” del capital humano especializado.

Desde la óptica de Castells, el término informacional indica el atributo de una forma específica de organización social en la cual la generación, proceso y transmisión de la información se convierten en las principales fuentes de productividad y poder, debido a nuevas condiciones tecnológicas emergentes en un período histórico. Una de las características clave de la sociedad informacional es, precisamente, la lógica interconectada de su estructura básica, lo que explica el uso del concepto “Network Society” (Castells 1996, 21) y el consiguiente crecimiento exponencial de los territorios informacionales.

Desde que surgió la revolución de las telecomunicaciones, en la Universidad de Berkeley, California, entre los ingenieros de DARPA o en la génesis del sistema operativo Linux, en Finlandia, el denominador común ha sido construir y habitar estos territorios, desde el primer BBS o grupo de Usenet hasta los modernos wikis y redes sociales especializadas.<sup>2</sup> Basta ver las estadísticas de uso de internet y redes en los países desarrollados para constatar la relación entre territorio informacional y los índices de economía del conocimiento.

---

<sup>2</sup> En el caso de los desarrolladores de software, las redes especializadas son GitHub y StackOverflow, lugares en los que comparten código, experiencias y resuelven dudas y problemas que se presentan al trabajar con los diversos lenguajes de programación.

*Factores que determinan el desarrollo del TI*

Durante el más reciente foro de la OCDE “Perspectivas del Desarrollo Global”, el centro de la discusión giró en torno a la necesidad de incrementar la productividad en los países emergentes y en desarrollo, y como herramienta para lograrlo, se subrayó la innovación.<sup>3</sup> De entre todos los factores que se consideran favorables para el desarrollo de la innovación, existen dos directamente relacionados con el TI: el capital humano (trabajadores con un alto nivel de especialización) y la infraestructura (acceso a internet, redes de alta velocidad, wi-fi público, etcétera).

En términos de la construcción de este territorio, vale la pena considerar además las ventajas culturales (dominio de varios lenguajes, culturas híbridas, gusto por lo nuevo, etcétera) así como la cuestión demográfica (frontera con Estados Unidos).

La conjunción de individuos jóvenes con altas capacidades en un ambiente propicio para desarrollarlas, que dominan el idioma inglés (la lengua franca de internet) y adictos a probar cosas nuevas, genera la masa crítica de *early adopters* necesaria para iniciar un ciclo de innovación que se retroalimenta así mismo al tiempo que crea “ripples” o efecto de círculos concéntricos dentro de la sociedad que se inserta, atrayendo más personas “like minded”, más interacciones entre éstas, más intercambio de información y conocimiento y más uso de nuevas tecnologías.

Sin quererlo, estas personas se convierten en una especie de evangelizadores de la innovación, que de una u otra manera conducen a su círculo de influencia o red social a utilizar un nuevo tipo de tecnología, y “subirse al tren” de las tendencias en telecomunicaciones, de manera que una persona, que hasta hace unos años apenas sabía usar una computadora, hoy en día no sólo trae un smartphone sino que lo revisa cada 20 minutos, instala aplicaciones, publica fotografías de sus vacaciones en Instagram y/o es adicto a Netflix.

Cuando los círculos concéntricos formados por los *early adopters* alcanzan una masa crítica dentro de una región, la tecnología se convierte en “*mainstream*”, y comienza a usarse poco a poco por medios de comunicación y personas poco “*tech savvy*”, momento en el que el círculo inicial generalmente ya la abandonó y está centrada en otra nueva, mejor, o más interesante.

La necesidad de construir un buen ecosistema es imperativa. Entre las muchas razones por las que Silicon Valley es identificado como el punto medular de la actividad innovadora, al menos en el mundo de la alta tecnología, destaca el hecho de que la ciudad es diversa y está llena de personas de diferentes culturas, pero sobre todo, de *early adopters*, es decir, personas dispuestas a usar, probar y experimentar cosas nuevas tan pronto como salen al mercado (o antes, en versión beta), y por supuesto, tecnologías nuevas.

La mera existencia de este grupo de *early adopters*, que en dicha región conforma una masa crítica, potencia la creación y existencia de nuevas y mejores tecnologías y *startups* de todo tipo, que buscan solucionar problemas de la vida diaria de todas estas personas, inmersas en un TI con el que otras ciudades apenas pueden soñar. Se trata de una industria que alimenta la necesidad creada por estas personas dentro de un ecosistema habilitado para ello, que el resto del mundo trata de recrear con más o menos éxito.

Dicho ecosistema consiste, básicamente, en infraestructura que incluye, entre otras, las siguientes: Wi-Fi en todas partes, de manera que todo el mundo pueda tener acceso a Internet y red de banda ancha a precios accesibles. Para lograr potenciar la espiral innovadora no basta con una masa crítica de *early adopters*, pero es un gran comienzo. Al igual que los autos eléctricos no podrían despegar si no se tuviese un ecosistema habilitado de estaciones de carga en puntos estratégicos de la ciudad (de forma similar a las gasolineras), el universo de dispositivos de acceso a internet, internet misma, sus contenidos y aplicaciones con las que día a día interactúan sus usuarios, no tendría sentido y no podría prosperar sin la infraestructura adecuada, con Wi-

<sup>3</sup> “Not so fast: Why the EM convergence story is losing steam”, nota publicada en el diario *Financial Times* el 2 de julio de 2014. <http://blogs.ft.com/beyond-brics/2014/07/02/not-so-fast-why-the-em-convergence-story-is-losing-steam/>

Fi público en sitios estratégicos y redes de alta velocidad a precios accesibles, así como uso masivo de dispositivos electrónicos.

Dicho ecosistema no sólo facilita la navegabilidad del territorio, sino que constituye un trampolín para el desarrollo del TI. Si suficiente número de personas están participando, aumentan las posibilidades de generación de innovación (software, aplicaciones, nuevos dispositivos) precisamente, para resolver problemas a partir del uso masivo de las TIC, como el tráfico o la navegabilidad de una ciudad, y/o porque la masa crítica de usuarios representa un *test field* para los desarrolladores de aplicaciones, cuyo objetivo final es la escala nacional y global a través de los megamercados de *apps* (*app store*, *google play*, etcétera).

De ahí la importancia del desarrollo del TI de una región, además de la evidente explosión de interacciones e intercambio de ideas y/o flujo de conocimiento que son generados a partir de la interconexión constante a través de distintos tipos de redes, que al igual que un enjambre de abejas y de manera aparentemente caótica, termina resolviendo problemas. En el sector de la alta tecnología, cada una de estas soluciones es elevadamente escalable, o tiene el potencial de serlo.

Se trata, pues, de un sistema autopoietico. El ecosistema de las TIC se retroalimenta y sustenta a sí mismo, dando lugar a toda una serie de fenómenos, entre ellos la generación del TI, la ciudadanía digital y, cuando se conjuntan los elementos suficientes, un pilar importante para la incubación de la economía de la innovación.

### *Condiciones internacionales*

A nivel global la penetración del uso de internet es del 35 por ciento, de redes sociales un 26 por ciento y de teléfonos móviles un sorprendente 93 por ciento. La penetración de internet más fuerte se da en Estados Unidos y Europa Occidental, con 81 por ciento y 78 por ciento, respectivamente.

En América Central, la banda ancha móvil está por los suelos con apenas un ocho por ciento, sólo un punto por encima de África. Los grandes jugadores son América del Norte (72 por ciento) y Oceanía (66 por ciento), seguidos por Europa Occidental (55 por ciento) y Europa Central y del Este (39 por ciento).

Con base en los indicadores anteriores se puede decir que la gestación del territorio informacional a nivel global es significativamente heterogéneo. Aunado a ese desarrollo dispar, al ser el TI un objeto de estudio elusivo, que está en movimiento, evolución y reconfiguración constante, al igual que los nodos que lo alimentan, conforman y construyen, constituye todo un reto pues se trata del estudio del presente, un presente que se mueve muy rápido y autogenera nuevos códigos de comunicación, en ocasiones difíciles de percibir sino hasta que se han replicado suficientemente.

No obstante, algunos episodios dentro de la vida social internacional consiguen aflorar orgánicamente en la forma de etiquetas, uno de los objetos de análisis con mayor visibilidad y, por ende, más susceptibles de analizar, tal es el caso Ferguson en Missouri y el experimento Medvedev.

La experiencia vivida en la ciudad de Ferguson, Missouri, luego de una protesta ciudadana tras el asesinato a mano armada de un joven de raza negra a manos de un policía, y la consecuente intervención de la policía militarizada utilizando gas para neutralizar dicha manifestación, amén de la detención de dos periodistas, es un ejemplo perfectamente ilustrativo del empoderamiento de la sociedad a través de las nuevas tecnologías, especialmente twitter, cuando los medios tradicionales no responden al cuestionamiento de la sociedad, ni transmiten la información completa.

La noche del miércoles 13 de agosto de 2014, la red social Twitter se inundó de *tweets* airados contra la aplicación de la fuerza policiaca para neutralizar la protesta de Ferguson, replicando lo que las personas que se encontraban allí denunciaban y haciendo toda una “revuelta” en internet, convocando incluso a una manifestación en RL a un momento de silencio a nivel nacional la tarde del 14 de agosto, y cuya organización se realizó enteramente a través de distintas plataformas digitales.

Los tweets consistían desde críticas a la militarización policiaca hasta la respuesta de Obama, el malestar: porque no se conocía el nombre del policía que cometió el homicidio, cuestionamientos raciales, etcétera. El análisis de la dimensión socio-política de este fenómeno escapa a los fines de este texto, más no así el tecno-social, que denota no sólo un fuerte empoderamiento por parte de la sociedad a través del uso de las tecnologías móviles, sino el curioso fenómeno de que muchos de los *tweets* se hicieron desde la conexión *wi-fi* proporcionada de manera gratuita por McDonalds, establecimiento que estaba cerca de la protesta.

Dicho establecimiento de comida rápida fue, precisamente, uno de los primeros hace ya más de una década en ofrecer red inalámbrica (WI-FI) gratis dentro de sus instalaciones, contribuyendo a la conformación del ecosistema necesario para la masificación del uso de los dispositivos móviles (laptops, teléfonos, smartphones, tablets). Es este mismo ecosistema el que, una década después, potencia la visibilidad del caso Ferguson, que ya se ha dado en llamar “el Katrina de Obama”.

La capacidad de agencia y el empoderamiento proporcionados por el ecosistema de las TIC, en casos como el de Ferguson, muestran la importancia de las nuevas tecnologías en el aspecto social, sin embargo, también sirven como punto de referencia y reflexión sobre el alcance de éstas, y el desdibujamiento de lo territorial que adquiere un carácter informacional mucho más rico y amplio al intercalarse la espiral de comunicaciones locales, nacionales e internacionales en un esfuerzo común.

La densidad del uso de las tecnologías móviles, la disponibilidad de infraestructura adecuada y la cultura de participación e información ciudadana y comunitaria suponen el cimiento de una sociedad conectada e informada, cuyas repercusiones trascienden a todos los ámbitos de la vida política, económica y social de una región.

En el caso de Ferguson, vemos cómo las dimensiones del territorio informacional logran empoderar a la ciudadanía digital, que consigue visibilidad mundial. Sin embargo, el trazo del puente hacia una región innovadora es una trayectoria titánica, intrincada y compleja, como lo muestra el experimento iniciado por Medvedev durante su mandato en Rusia: Skolkovo, una “ciudad de la innovación” que sería construida doce millas al oeste de Moscú.

El mismo Medvedev lo dijo una vez: “Idealmente, Skolkovo debería ser un sistema que atraiga a la gente, un lugar al que uno quiera ir, que absorba como una esponja, y esto no se puede hacer con una orden”. Efectivamente, el problema con Skolkovo o el Wooden Valley de Rusia es que se trata de una ciudad de la innovación “implantada”, concebida a través de intereses estatales y particulares que lograron traer a bordo a muchas empresas e inversionistas, que actualmente abandonan la empresa en vista de la dirección que está tomando el mandato de Vladimir Putin (*New Republic* 2011).

A pesar de la cuidadosa planeación con base en un eje de cinco clusters de innovación (energías renovables, nuclear, telecomunicaciones, tecnologías de la información y biotecnológicas), la inversión millonaria en infraestructura y la estelar atracción de inversiones, el proyecto se está viniendo abajo.

El problema bien podría ser que si bien un TI sólido puede funcionar como catalizador de la innovación, no es posible “sacarlo” de la chistera como lo haría un mago. Su construcción, y la conformación del entramado que lo conforma, es lenta, caprichosa, caótica y está íntimamente ligada al territorio. No basta, pues, con construir edificios ultra modernos, habilitar hiper infraestructura y contratar gente de todos lados para “poblarla”, amén de seducir inversionistas, para generar innovación y subir al tren de la economía del conocimiento.

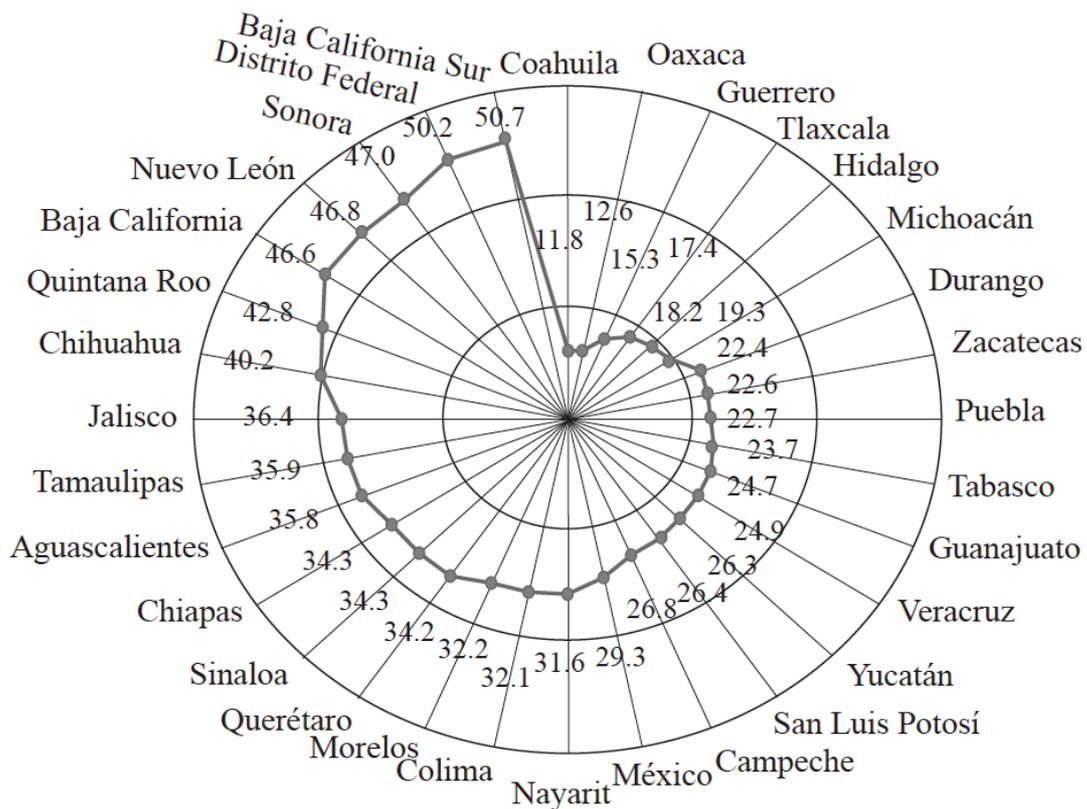
El ingrediente secreto parece ser la cultura de la innovación, del *early adopter*, de la invención, del riesgo y emprendedora planeada con el tiempo, fermentada en viejos barriles de camaradería universitaria, macerada en interacciones sociales, económicas, e interempresariales de todo tipo (online y offline) y ancladas a un territorio con características muy particulares. Inyectar inversión público/privada, capital de riesgo, marketing, medios e infraestructura adecuada a una región provista de un territorio informacional con estas características parece ser una mejor apuesta.

El Censo de Población y Vivienda 2010, realizado por el INEGI, contabilizó 112 millones de habitantes en México. De ellos, poco más de 44 millones son usuarios de internet, lo que equivale a una penetración del 38 por ciento. La activación de teléfonos celulares asciende a casi 101 millones, lo que indica un 87 por ciento de penetración. En el caso de los smartphones, o celulares conectados a internet con funciones avanzadas, el porcentaje se ubica en 33 por ciento.

Por otra parte, en materia de redes sociales, el 37 por ciento de la población señaló tener alguna cuenta, y los datos arrojan que se emplea en promedio 3 horas y 46 minutos al día en ellas. El 59 por ciento de los usuarios de redes sociales usan también aplicaciones. Si el desglose lo hacemos con respecto a los usuarios de internet, el 98 por ciento posee alguna cuenta.

La red líder es Facebook, con una penetración del 94 por ciento entre los usuarios de internet, seguida de cerca por Google + y Twitter con un 74 y 62 por ciento respectivamente. Un poco más atrás están LinkedIn e Instagram (Encuesta Social, Digital & Mobile around the World 2014).<sup>4</sup> El porcentaje de usuarios móviles usando servicios de localización es del 21 por ciento.

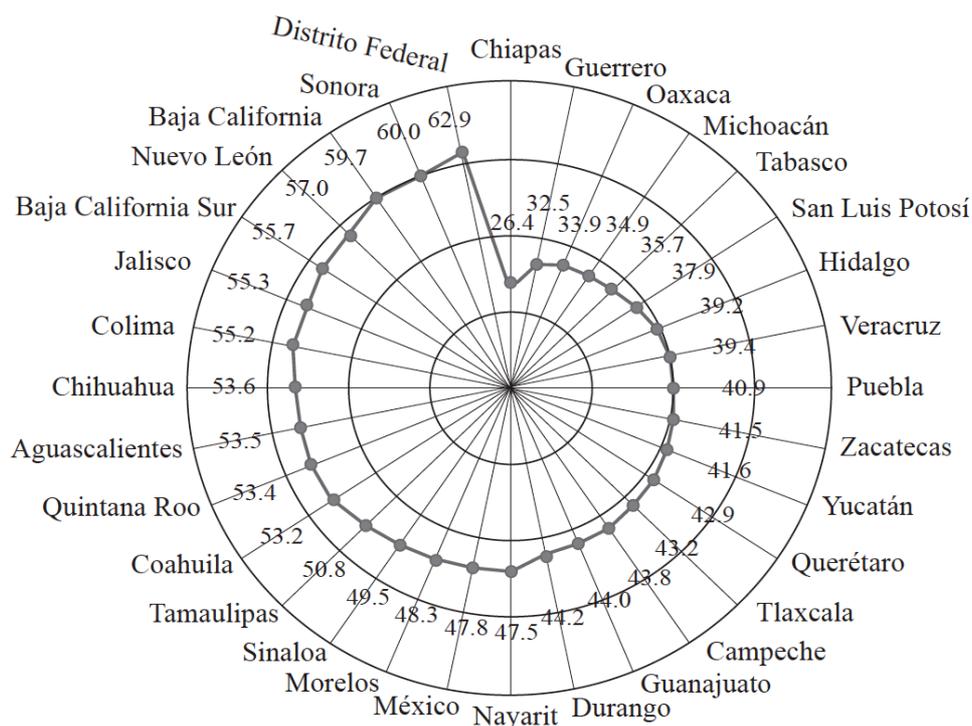
Figura 1. Hogares con Internet por Entidad Federativa 2013



Fuente: INEGI.

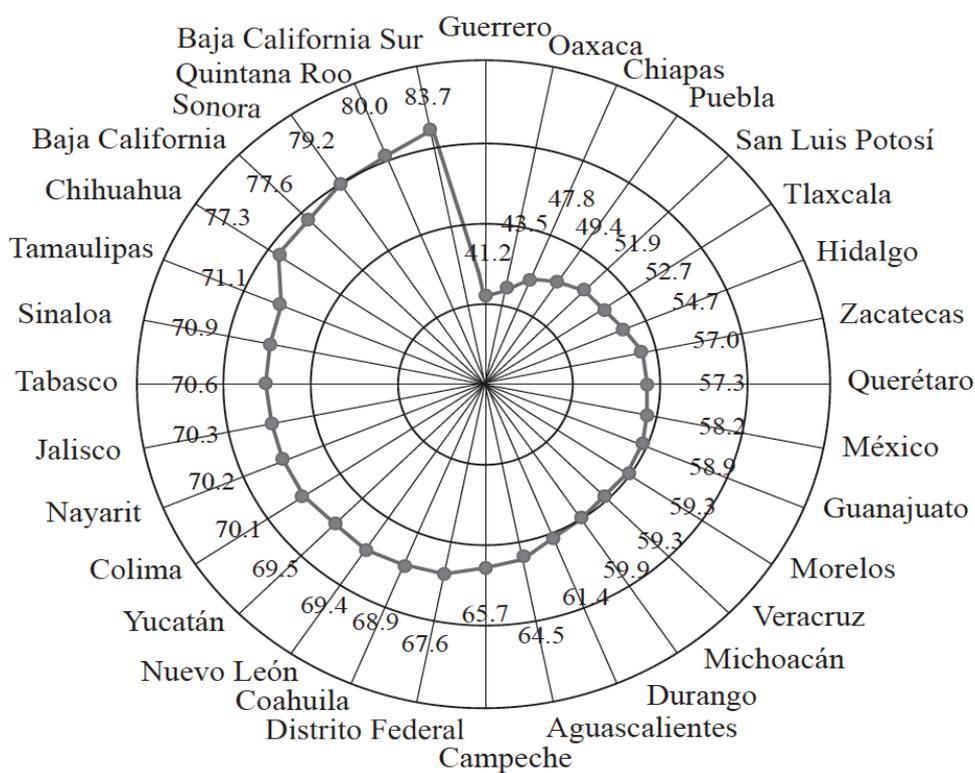
<sup>4</sup> Realizada por We Are Social. <http://wearesocial.net/blog/2014/01/social-digital-mobile-worldwide-2014/>

Figura 2. Usuarios de computadora por Entidad Federativa 2013



Fuente: INEGI.

Figura 3. Usuarios de Teléfono Celular por Entidad Federativa, 2013



Fuente: INEGI.

En México, los porcentajes de penetración de internet, telefonía móvil y banda ancha móvil son altamente dispares, de modo que en algunas entidades, principalmente del norte, el nivel de penetración varía sensiblemente con respecto a estados sureños como Chiapas, Oaxaca o Guerrero.

Ciudades como Monterrey, Guadalajara y el Distrito Federal han alcanzado ya la masa crítica necesaria para el uso de aplicaciones que permiten navegar el tráfico y alertar cualquier anomalía<sup>5</sup> (embotellamiento, accidente, semáforo que no funciona, etcétera), al igual que grandes metrópolis en el plano internacional, un indicador de un territorio informacional sólido. Dichas ciudades se caracterizan además por la aglomeración de empresas de alta tecnología, no sólo en términos de manufactura básica y/o avanzada, sino incluso de diseño, como lo demuestra el centro de diseño de Intel, ubicado en Guadalajara.

## EL TERRITORIO INFORMACIONAL DE HERMOSILLO

Hermosillo está situada en el estado de Sonora, en el noroeste de México. El estado colinda con Arizona, Chihuahua, Sinaloa y el Mar de Cortés, lo que lo sitúa en una ubicación privilegiada en términos de intercambio comercial con Estados Unidos, amén de la accesibilidad a través de puertos marítimos. Localizada en el corazón de la entidad, la ciudad está considerada como una de las mejores ciudades para invertir en México. Su población asciende a 1 millón 700 mil habitantes mayores de edad.

A pesar de la deprimente tasa de adopción tanto del servicio de banda ancha móvil de México —está en la última posición con 14 accesos por cada 100 habitantes y en la banda ancha fija, ocupa la posición número 33, la penúltima de la tabla (OCDE 2013)—, el estado muestra una tasa relativamente alta de penetración de internet en el hogar —superior al 45 por ciento, al igual que Baja California Sur, Nuevo León y el Distrito Federal (INEGI 2013).

En términos de infraestructura, la ciudad tiene cobertura de al menos tres sistemas de televisión de pago (cable y satelital), cuatro de telefonía (Movistar, Telcel, Axtel, Iusacell) y una amplia base de usuarios de telefonía y servicios de internet móvil cuya necesidad de permanecer conectada ha detonado un incipiente ecosistema de acceso Wi-Fi o móvil en negocios, tiendas, cafés, etcétera, a pesar de que no hay ninguna iniciativa que haya funcionado de manera sostenida a nivel de política pública.

Por otra parte, la ciudad fue una de las primeras áreas urbanas en las que estuvo disponible la red 4G (o LTE), cuya zona de cobertura se ha extendido de manera sensible, aunque no suficiente.

La disponibilidad de redes de relativa alta velocidad ha posibilitado el uso de todo tipo de aplicaciones desde smartphones, y en particular en Hermosillo, el crecimiento de la red social Twitter ha sido notable desde sus inicios, con un despegue importante en 2009 y una explosión en los medios de comunicación y empresas locales a partir del 2012. Así, los hermosillenses han “hecho suya” esta red, volcándose en ella para comentar desde la fotografía más banal hasta hacer las reflexiones y críticas más agudas sobre los acontecimientos del día.

Según los datos recopilados por INEGI en la edición 2014 de ENDUTIH (Estadísticas sobre la Disponibilidad y Uso de la Tecnología de Información y Comunicaciones en los Hogares), el número de individuos conectados en Sonora está entre los porcentajes más altos del país, de tal manera que prácticamente “todo el mundo está ahí”. En Sonora los usuarios están en Facebook —con una tasa de penetración del 37 por ciento y aproximadamente 625 mil usuarios en Sonora, la mitad en Hermosillo—,<sup>6</sup> o en menor medida, en Twitter, una red cuyos datos generalmente están georeferenciados (es elección del

---

<sup>5</sup> En Monterrey y la ciudad de México se ha generalizado el uso de herramientas como Waze (Waze.com) que grafican la navegación con mapas en tiempo real y reciben retroalimentación de la red de usuarios, que alerta sobre embotellamientos, choques, accidentes, baches, bloqueos, marchas, manifestaciones, desviaciones o cualquier problema relacionado con el tráfico o tránsito vial.

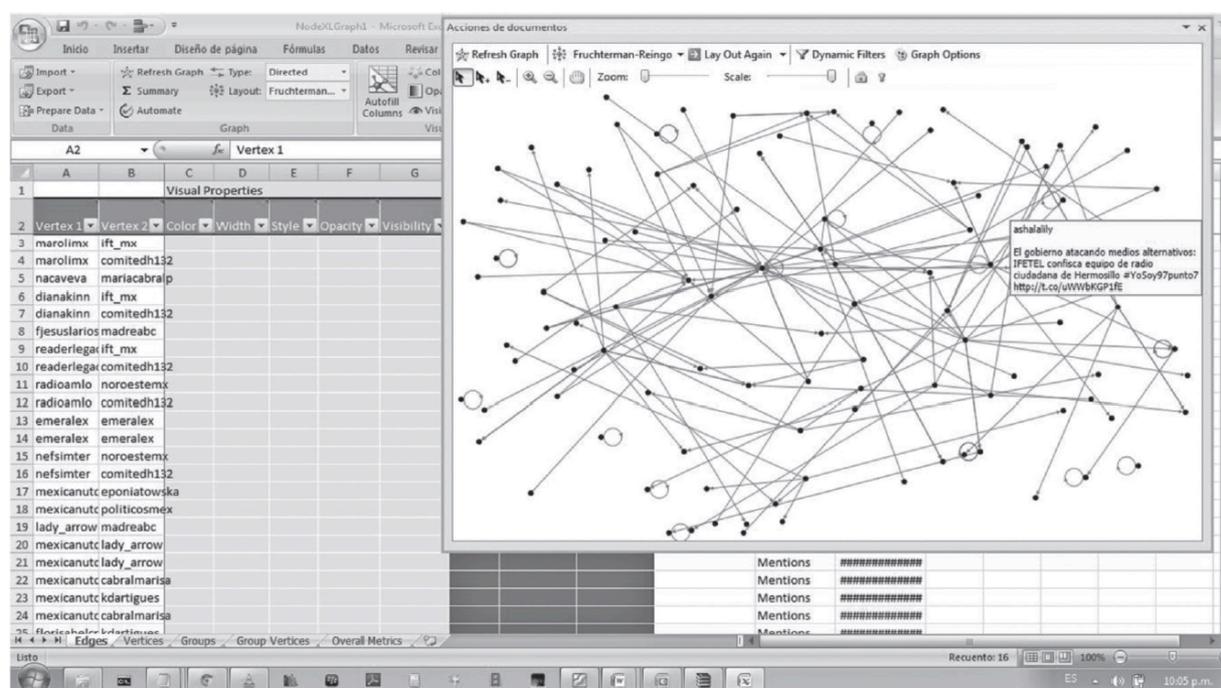
<sup>6</sup> Según datos recopilados de cuentas activas por ADN México durante el 2012 a partir de información proporcionada por Facebook Ads. [http://www.adnmexico.mx/correos/6/adn\\_expreso\\_06.pdf](http://www.adnmexico.mx/correos/6/adn_expreso_06.pdf)

usuario) y que se auto organiza a través de etiquetas o hashtags, elemento que permite agrupar la información por temas y junto con el RT,<sup>7</sup> clave para “armar revuelo” o llamar la atención sobre un tema en particular.

La contribución de los usuarios de la red social Twitter a la construcción del territorio informacional de Hermosillo es monumental. Prácticamente todos los días se opina y se discuten, junto con temas superficiales, los de interés en todos los ámbitos: política, salud, educación, planeación urbana, leyes, derechos humanos, cultura, etcétera. De esta manera, los habitantes del TI, construyen un universo espacial, una especie de nube o universo paralelo en la que pululan los pensamientos, observaciones y consideraciones de la ciudadanía digital que quizá durante todo el día no abrió la boca, pero en la red se expresa con fluidez.

En la [figura 4](#) se observa el trazo generado con la ayuda de NodeXL de la red, conformada a partir de la mención de la etiqueta #yosoy97punto7, que se originó a partir del cierre de una radio comunitaria que operaba en Hermosillo, lo cual, provocó el descontento de muchos radioescuchas.

Figura 4. Fruchterman-Reigo de #yosoy97punto7



Trazo en NodeXL de la red que utilizó la etiqueta #yosoy97punto7.

Fuente: elaboración propia.

La [figura 5](#) ilustra una de las muchas imágenes que circularon en la red con la etiqueta mencionada, acompañadas de leyendas en manifestación de apoyo a la radio que fue cerrada.

<sup>7</sup> El RT es una herramienta incorporada dentro de la red social Twitter para replicar o duplicar un contenido determinado. Cuando se quiere dar a conocer una determinada información se añade RT al principio o al final del tweet, y el resto de los usuarios decide si o no replicarlo.

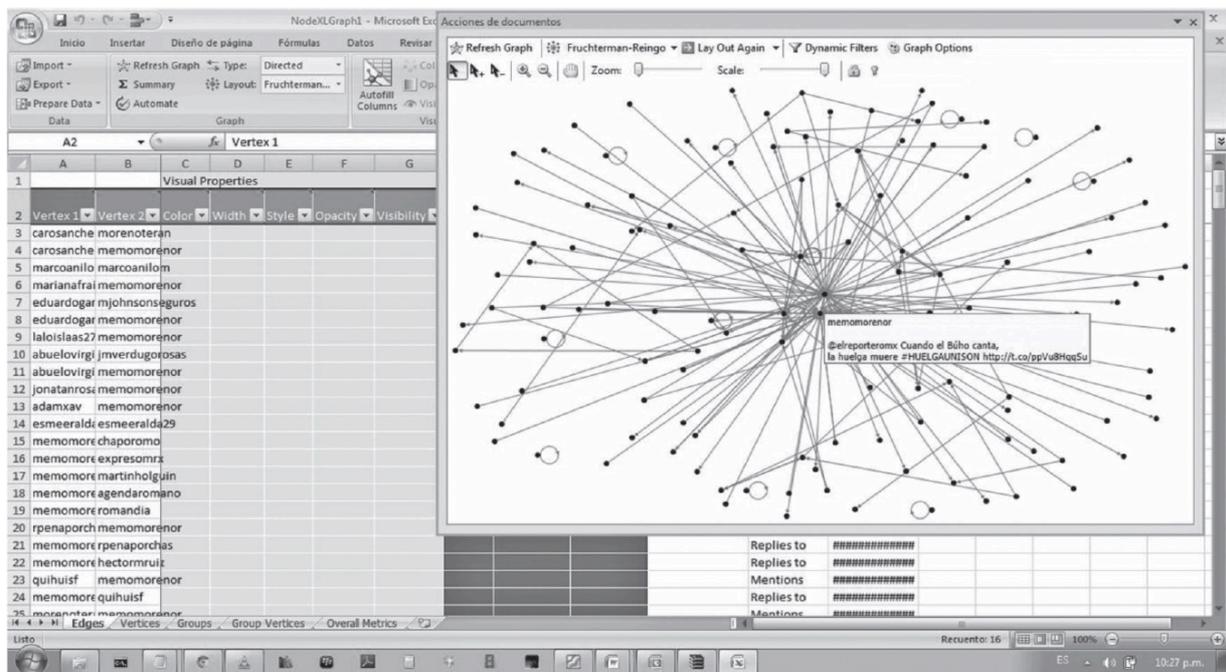
Figura 5. Una de las imágenes que circularon en la red con la etiqueta #YoSoy97punto7



Fuente: twitter.

Por otra parte, en la [figura 6](#) se muestra la gráfica de la red social generada a partir de la etiqueta #HuelgaUnison, la cual, creció de manera orgánica o espontánea entre los usuarios de Twitter al prolongarse por semanas y semanas la huelga en la Universidad de Sonora. Herramientas como NodeXL permiten no sólo trazar la red, sino identificar centralidad y periferia, usuarios y narrativas.

Figura 6. Fruchterman-Reigo de #HuelgaUnison

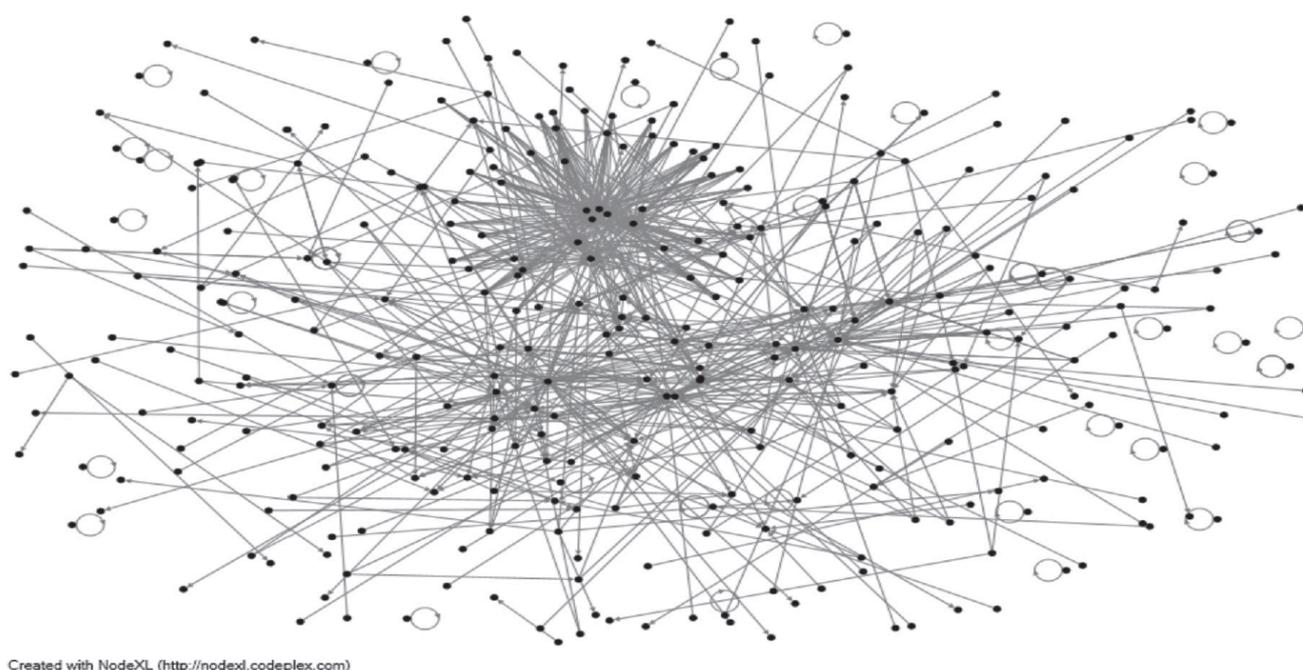


Gráfica generada en NodeXL a partir de la etiqueta #HuelgaUnison.

Fuente: elaboración propia.

La [figura 7](#) ilustra perfectamente un ejemplo de etiqueta o hashtag con un origen muy claro, puesto que la mayor parte de la actividad parte de un clúster muy denso, apoyado por tres miniclusters muy conectados entre sí. Uno de los cuatro nodos centrales del clúster primario es la cuenta [@sonorasipri](#), mientras que en los clústers secundarios destacan ex diputados, empleados de la Secretaría de Comunicación, diputados y ex diputados pertenecientes al pan, así como miembros del aparato de la Secretaría de Salud.

Figura 7. Grafo Fruchterman-Reigo de #hermosillosinagua



Grafo que muestra la composición estructural de la red conformada por 500 nodos que mencionaron, citaron o fueron mencionados usando la etiqueta #hermosillosinagua el día 13 de julio del 2014 a las 13:00 horas.  
Fuente: elaboración propia.

A simple vista puede observarse que no se trata de una etiqueta orgánica, puesto que el principal motor nace de cuentas de gobierno y/o con intereses políticos, y no desde la ciudadanía. Otras etiquetas que aparecieron el día sábado 12 de julio entre las tendencias de twitter de la ciudad de Hermosillo fueron #ElPriTeDejaSinAgua y #PRIDESIEMPRE, las cuales se mantuvieron, aunque con menor intensidad, durante el domingo 13.

Esta avalancha de *tweets* se debe a que Hermosillo se convirtió en el centro del huracán el viernes 11 de julio de 2014, al darse a conocer la decisión de un juez federal a favor de los yaquis y ordenarse el cierre del Acueducto Independencia el martes 15 de dicho mes. A dos días de esta fecha, la actividad registrada con estas etiquetas era intensa.

Como se puede apreciar en la [figura 8](#), la estructura de una red orgánica, aunque compuesta en su mayoría por medios de comunicación, periodistas, comunicadores y organismos como “Vigilantes del Transporte”, se despliega de manera abierta, y no puede apreciarse una concentración fuerte, más bien está “desparramada”, a diferencia de la [figura 6](#), en la que los nodos que están “bombardeando” con la etiqueta son muy claros, lo que revela la intención de posicionarla artificialmente.

Figura 8. Grafo Haren Koren Fast Multiscale de #sictuhsa



El grafo muestra la estructura de la red creada a partir de un problema del transporte público en la ciudad, generada de manera orgánica con la etiqueta #sictuhsa y en la que la mayoría de los nodos son medios de comunicación, los cuales, conforman pequeños clusters. La muestra es de 500 interacciones, tomada el día 22 de julio del 2014 a las 14:30 horas. La etiqueta se convirtió en la tendencia número 1 de Hermosillo durante ese día.  
Fuente: elaboración propia.

El problema del transporte es añejo en Hermosillo, sin embargo, la comunidad de Twitter no participa gran cosa y deja “solos” a los comunicadores, probablemente porque se trata de un segmento social al que no le afecta directamente. Se informa, pero decide no entrar en la conversación.

En Hermosillo, la adopción del *locative media* ha sido mayúscula, especialmente en las redes sociales Twitter —como ya se mencionó— pero también en Foursquare, así como en el uso de Google Maps/Street View, Instagram, Swarm y tangencialmente, algunos juegos de realidad aumentada.

La red social Foursquare ilustra el uso de *locative media* en la ciudad. Con base en un esquema diseñado a partir de la gamificación (ludificación) del espacio, esta aplicación disponible gratis en cualquier smartphone con acceso a internet, permite hacer “check-in”, es decir, avisar a la red de contactos que se ha visitado un lugar determinado de la ciudad.<sup>8</sup>

El “check-in” es el punto de partida desde el que se desencadenan varias posibilidades: 1) es la primera vez que uno visita el lugar, en cuyo caso recibe un *badge* o insignia que lo felicita por ello, el cual, se archiva en un apartado especial de la aplicación, 2) ya ha visitado el lugar varias veces, lo que lo convierte en candidato a “alcalde” (insignia reservada para la persona con mayor número de visitas a un lugar), y 3) independientemente del número de check-ins, el sistema muestra qué otras personas de la red de contactos están en el mismo lugar y los tips o recomendaciones que han dejado durante visitas anteriores, lo que, en teoría, permite tomar una decisión mejor informada al nuevo visitante.

Ciertamente, el uso de este tipo de sistemas constituye un riesgo de la privacidad, que a las personas no parece importarles, o están dispuestas a intercambiarlo por la conveniencia que representa toda esta información, que una vez procesada, permite a foursquare hacer recomendaciones basadas en los *ratings* de cada lugar generados a partir de la base de datos creada conscientemente o no por sus usuarios, de manera que un recién llegado puede aprovechar las recomendaciones “lugares de moda”, “lo nuevo en el área”, “mejor lugar de sushi”, etcétera.

<sup>8</sup> En julio del 2014, la red Foursquare se dividió en dos aplicaciones: Foursquare para centrar la experiencia de uso en el descubrimiento de nuevos sitios y lugares que conocer, visitar y compartir, y Swarm para continuar con la actividad del check-in.

Al solicitar sugerencias, la aplicación despliega un mapa con pines de los lugares que recomienda visitar, donde con un click puede obtenerse información visual sobre precios (es caro, no es muy caro) e instrucciones para llegar, acompañado de un ranking de los sitios mejor clasificados en el área. El lugar mejor calificado es un restaurante, y en la lista entran desde cines, centros comerciales y cafés hasta las plazas Zaragoza y Bicentenario.

La [figura 9](#) muestra cómo, a través de una calcomanía en un cristal, se “avisa” al visitante que el lugar está dado de alta en Foursquare, y por tanto puede hacer check-in,<sup>9</sup> ya sea para ganar puntos, ver si algún amigo se encuentra en el lugar, revisar tips o aprovechar alguna promoción.

Figura 9



A través de estos signos, el usuario puede identificar que el lugar al que ha llegado está dado de alta en Foursquare, y puede hacer check-in en su teléfono para ganar puntos, insignias o promociones.

Fuente: Foursquare.com

Huelga decir que la ciudad está en pañales, tanto en términos de conectividad (las redes de alta velocidad sólo operan en áreas limitadas, el acceso inalámbrico es limitado, la infraestructura urbana no está diseñada con estos conceptos en mente) como en la masificación de su uso.

Los gigantescos volúmenes de datos habilitados por los ecosistemas informacionales actuales apenas son la punta del Everest, pues conforme crezca la disponibilidad de conexiones con alta velocidad, aplicaciones gratuitas y aumente la base instalada de usuarios de dispositivos móviles, se multiplicará constantemente, quizá con otros lenguajes, quizá desde otros aparatos y siguiendo otras lógicas, pero la flecha apunta hacia arriba.

En este contexto, la riqueza de la información acumulada en el territorio informacional de la ciudad aumentará, pero también lo hará su complejidad, que desde ahora resulta inaprensible, lo que para la ciencia social interesada en estos fenómenos plantea el reto de trabajar de manera interdisciplinaria con lingüistas, psicólogos y científicos de las ciencias de la computación, entre otros, y manejar el lenguaje del big *data*, es decir, *datasets* o conjuntos de datos cuya extensión rebasa los terabytes.

Lo anterior requiere no sólo poder de cómputo que no ofrece una computadora o laptop de gama básica, sino además habilidades de ingeniería de software, específicamente programación y/o extracción de datasets, desde API's (código que permite extraer datos de aplicaciones) y consultas complejas a bases de datos.

Hasta el momento, en Hermosillo no se han hecho estudios basados en este tipo de análisis, que en otras ciudades se proponen como punto de partida (Grinberg et al. 2013) para el desarrollo de políticas públicas que respondan a las necesidades y patrones de conducta de la población.

---

<sup>9</sup> En el transcurso de la preparación de este texto, Foursquare se dividió en dos compañías, una dedicada al descubrimiento de nuevos lugares para visitar, y la otra, “Swarm”, al check-in y diferentes tipos de gamificación.

Otros retos importantes para la investigación del territorio informacional son, por una parte, la aparición de narrativas artificiales o instrumentadas por los grupos de poder para opacar iniciativas ciudadanas o intereses genuinos de la ciudadanía digital.

En Hermosillo, esto ocurre especialmente en el caso de Twitter, donde continuamente aparecen hashtags o etiquetas posicionadas como las más importantes, generalmente gracias a estrategias orquestadas por el aparato de gobierno y/o empresas contratadas por éste para imponer agendas y oscurecer los datos reales.

Por otra parte, más que en el futuro, en el difícil presente, se ubica la lucha actual por la neutralidad de la red, que se opone a las leyes secundarias de la Ley Federal de Telecomunicaciones, que abriría la puerta a una posible censura de las redes sociales que funcionan en el país, y por ende una brecha difícil de salvar por la investigación social en el marco de las nuevas movilidades.

## CONCLUSIONES

Aunque los marcos teóricos para el análisis del fenómeno de los territorios informacionales están actualmente en proceso de conformación, los conceptos mostrados por Urry y Lemus permiten un acercamiento teórico-conceptual en terreno más firme que el permitido hace algunos años.

De esta manera, movilidad de la información, *locative media* y territorio informacional facilitan la construcción de un andamiaje que, por otra parte, requiere la conformación de metodologías basadas en el análisis de big data o gigantescos bancos de datos, para lo que se requiere trabajo multidisciplinario, especialmente con científicos de cómputo, pero también de otras áreas.

Resalta la ausencia de investigaciones sociales que aprovechen el cúmulo de información generada por los habitantes conectados de la ciudad de Hermosillo, por lo que se lanza una invitación a buscar alianzas interdisciplinarias que permitan explorar el territorio informacional de la ciudad, cuya naturaleza elusiva lo mantiene prácticamente virgen e inexplorado, no sólo en términos de análisis de datos y complejidad computacional, sino de nuevos lenguajes, códigos, semánticas y narrativas digitales.

Un análisis puntual de largo alcance del territorio informacional de la ciudad permitiría conocer con mayor exactitud el grado de evolución que presenta, el avance logrado en términos de ciudadanía digital y las oportunidades que muestra en términos de intercambio de conocimiento y generación de innovación, en el marco de una competencia feroz con otras regiones por estar a la vanguardia en la transición hacia una economía del conocimiento.

Sin este análisis, sólo es posible hacer conjeturas y presentar recortes de la realidad que si bien resultan ilustrativos, no pueden ser conclusivos ni proporcionar estimaciones aproximadas de la solidez, evolución y comportamiento del territorio informacional en la ciudad, así como su impacto y repercusión en el ejercicio de la ciudadanía digital y la construcción de un ambiente propicio para la innovación.

## BIBLIOGRAFÍA

Amadeu da Silveira. 2010. *Citizenship and Digital Networks*. Brazilian Internet Steering Committee.

Caletrío, Javier. 2012. The New Mobilities Paradigm. Mobile Lives Forum. <http://en.forumviesmobiles.org/publication/2012/12/11/book-review-502> (12 marzo de 2012).

Castells, Manuel. 1996. *The Rise of the Network Society*. Blackwell Publishers LTD. Oxford, Inglaterra.

- Eesley, Chuck. 2014. *Tech Entrepreneurship Lecture*. Stanford University.
- Grinberg, Nir, Mor Naaman, Blake Shaw y Gilad Lotan. 2013. Extracting Diurnal Patterns of Real World Activity from Social Media. Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI).
- Lemus, André. 2010. *Post Mass Media Functions, Locative Media and Informational Territories: New Ways of Thinking about Territory, Place and Mobility in Contemporary Society*. SAGE.
- Molina Ortíz, Alfredo y Clemente Hernández Rodríguez. 2011. *La economía basada en el conocimiento. La evolución de los estados mexicanos*. ITESM. Monterrey, N. L.
- New Republic*. 2011. Can Dmitri Medvedev create a Russian Silicon Valley? <http://www.newrepublic.com/article/politics/magazine/82215/russia-silicon-valley> (11 de febrero de 2011).
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2014. *Perspectives on Global Development*. OCDE.
- Sheller, M., y John Urry. 2006. The new mobilities paradigm. En *Environment and Planning A*. 207-226. Lancaster University.
- Vilaseca, Jordi, Joan Torres y Ángel Díaz. 2002. La economía del conocimiento: paradigma tecnológico y cambio estructural. IN3 (Internet Interdisciplinary Institute).

# PERCEPCIÓN DE ESTUDIANTES DE CIENCIAS NATURALES ACERCA DE LA PERTINENCIA SOCIAL DE SUS PROGRAMAS DE POSGRADO

Ángel Alberto Valdés Cuervo<sup>1</sup>  
Lydia Esther Martínez Ortega<sup>2</sup>  
José Ángel Vera Noriega<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Regionales de Innovación son un conjunto de agentes e instituciones articulados en redes que interactúan de manera dinámica para generar, difundir, adaptar, desarrollar y utilizar innovaciones, además de conocimiento científico y tecnológico (Edquist 1997, 289; Lundvall 2002, 98; Rodríguez-Benítez 2007, 8). Para que este sistema funcione deben existir instituciones que generen conocimiento y lo transmitan a quienes lo utilizarán; dentro de esta categoría entran las universidades, los institutos y centros de investigación, tanto públicos como privados.

Para valorar el funcionamiento de los sistemas de innovación, se han generado una serie de indicadores que buscan evaluar el dinamismo de los intercambios entre los involucrados. Entre los más importantes están el número de patentes solicitadas y concedidas, producción y factor de impacto de artículos científicos, número de investigadores, recursos humanos en formación a nivel posgrado, financiamiento a proyectos de investigación —tanto por parte de organismos gubernamentales como del sector privado—, proyectos en conjunto con empresas, y usuarios de los centros de investigación y de las instituciones de educación superior (IES) que provengan del sector productivo y social (Bajo, Bastidas y Flores 2009, 159).

Para impactar en los mencionados indicadores, las universidades y centros de investigación promueven políticas para la generación de conocimiento, invirtiendo e impulsando la investigación científica, la formación de los académicos e instigándolos para que formen redes o grupos de investigación que se ocupen del estudio de temas prioritarios, como la competitividad de las regiones. Entre estas políticas se incluye, también, brindar atención a los jóvenes con el objetivo de que aprendan aspectos relacionados con las disciplinas y profesiones y se conviertan en recursos humanos a incorporarse en el mercado laboral (Fresán y Huescar 2000, 50; Grediaga, Padilla y Huerta 2003, 414; Rodríguez, Treviño y Urquidí 2007, 32). Pero este sector, el laboral, ahora es más dinámico y requiere estar innovando de manera constante, por lo que los profesionistas deben ser capaces de responder a esta necesidad; para ello se requiere una formación tendiente a que los jóvenes adquieran habilidades para generar conocimiento nuevo y tecnología (Martínez-Lobatos 2010, 31).

---

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias. Profesor investigador titular del Instituto Tecnológico de Sonora. Contacto: [angelvaldes@itson.edu.mx](mailto:angelvaldes@itson.edu.mx)

<sup>2</sup> Maestra en Innovación Educativa por la Universidad de Sonora. Estudiante del Doctorado en Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Contacto: [lydiamartinez0910@gmail.com](mailto:lydiamartinez0910@gmail.com)

<sup>3</sup> Doctor en Psicología Social, Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Contacto: [avera@ciad.mx](mailto:avera@ciad.mx)

Se visualiza que los sistemas de innovación están compuestos por individuos que llevan a cabo o materializan las funciones que tal sistema debe realizar, pero esos individuos se forman en instituciones con condiciones que a veces no son propicias o no contribuyen a generar las competencias necesarias para que se desarrolle la transferencia de conocimiento científico y tecnológico hacia el sistema. Si bien es cierto las IES no son las únicas que forman recursos humanos y generan conocimiento, no se puede menospreciar su importancia, sobre todo en países como el nuestro, donde las universidades estatales tienen lugares preferenciales en las regiones, además de que reciben recursos para ello.

Los recursos humanos de alta especialidad, como son los estudiantes de posgrado, tienen un papel protagónico en este esquema, pues se insertan en el sistema para enriquecer la interacción con su conocimiento y capacidad inventiva; por lo anterior, son de gran valor competencias como la de ser capaz de investigar y traducir ese conocimiento en tecnología de utilidad para las regiones y los diferentes sectores (Martínez-Lobatos 2010, 31).

Para que los sistemas funcionen, deben tener ciertas características. López Leyva (2008, 200), pionero en el estudio de los sistemas en la región noroeste de México, dice que las universidades y centros de investigación son organismos centrales en esta relación y tienen una gran influencia en la competitividad económica de las regiones. Con respecto a los investigadores, por ejemplo, hace un análisis de la política pública y su impacto en las actividades de vinculación, recoge opiniones y las agrupa por áreas disciplinares, encuentra que sí existen proyectos en donde se intercambia conocimiento y tecnología entre empresas e investigadores, sobre todo en la áreas de agronomía y química; aun así señala que hay diversidad en las opiniones. Para López Leyva (2008, 200), hace falta un proceso de innovación adecuado y articulado y con actores comprometidos e interesados primeramente en generar conocimiento básico para ser aplicado en el diseño de tecnología; asimismo, debe existir un ingeniero interesado en aplicar esa tecnología para su cadena de producción; debe haber también un distribuidor interesado en comercializar esa tecnología. Este proceso se dificulta cuando existen niveles de desconfianza entre investigadores y empresarios, relacionada con casos fallidos (López-Leyva 2005, 239).

Derivado del trabajo de López Leyva, han surgido otras investigaciones que retoman las directrices expuestas por él, como son los procesos de innovación en las regiones, en sectores como la industria exportadora (Rosales y López-Leyva 2008, 150); las redes de innovación en regiones como el estado de Sonora y la influencia de los centros de investigación (Jasso y Esquer 2008, 145); se ha estudiado también el cambio en las organizaciones derivado de la inclusión de tecnología (Gámez 2008, 132); además hay estudios en donde se observa el papel de los investigadores, como el análisis de esquemas particulares de la política pública, los cuerpos académicos y la producción de conocimiento, programa impulsado por Promep (López-Leyva 2010, 203), y el estudio sobre la participación de los académicos en actividades de vinculación y transferencia de conocimiento y tecnología realizado por León (2008).

## POLÍTICA PÚBLICA Y POSGRADO EN MÉXICO

El Plan Nacional de Desarrollo (PND), que se diseña con base en las recomendaciones de organismos internacionales como la OCDE y la UNESCO, establece metas y estrategias generales para el desarrollo de políticas de financiamiento y de acción (PND, Gobierno de la República, 5) con respecto al sistema de educación superior y los sistemas de innovación plantea la siguiente meta y estrategias:

*Meta.* Un México con Educación de Calidad para garantizar un desarrollo integral de todos los mexicanos y así contar con un capital humano preparado, que sea fuente de innovación y lleve a todos los estudiantes a su mayor potencial humano. Esta meta busca incrementar la calidad de la educación para que la población tenga las herramientas y escriba su propia historia de éxito.

El enfoque, en este sentido, será promover políticas que cierren la brecha entre lo que se enseña en las escuelas y las habilidades que el mundo de hoy demanda desarrollar para un aprendizaje a lo largo de la vida. En la misma línea, se buscará incentivar una mayor y más efectiva inversión en ciencia y tecnología que alimente el desarrollo del capital humano nacional, así como nuestra capacidad para generar productos y servicios con un alto valor agregado.

*Estrategia 1.* Impulsar el desarrollo de las vocaciones y capacidades científicas, tecnológicas y de innovación locales, para fortalecer el desarrollo regional sustentable e incluyente.

*Estrategia 2.* Contribuir a la transferencia y aprovechamiento del conocimiento, vinculando a las instituciones de educación superior y los centros de investigación con los sectores público, social y privado.

Se demanda que sea el posgrado quien contribuya de manera decisiva en la consolidación de las IES como actores dentro de los sistemas de innovación científica-tecnológica, ya que una de las funciones que se atribuye a los programas de estudio en este nivel es la generación y transferencia de conocimientos y tecnologías a sus regiones (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT] 2012, 2).

El CONACYT, por medio de la creación del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), se propuso que México cuente con programas de posgrados de reconocida calidad nacional e internacional, lo cual, se espera le permita al país basar su desarrollo en las oportunidades que brinda el conocimiento y la tecnología. Para lograr este objetivo estos programas deben transferir conocimientos y tecnologías a sus regiones (CONACYT 2012, 2).

En Sonora, lugar donde se realizó el estudio, los programas de posgrado comenzaron a impartirse desde los años 70 del pasado siglo, cuando el Instituto Tecnológico de Sonora (1975), la Universidad de Sonora (1978) y el Instituto Tecnológico de Monterrey (1980) abrieron programas de maestrías. La etapa de desarrollo de los mismos, que abarca desde el año 2000 hasta la fecha, se distingue por un crecimiento acelerado del número de programas y estudiantes así como por el aumento de la participación de las instituciones privadas, que ya poseen más del 50 por ciento de la matrícula en este nivel de estudios (Rodríguez et al. 2007, 37).

En 2010 había en Sonora 25 035 personas con estudios de posgrado, lo que ubica a la región en el quinto lugar nacional en proporción de personas con estudios de este tipo dentro de la población económicamente activa; cuenta con el 24.7 por ciento en cobertura de programas de posgrados de calidad, lo que sitúa al estado en el lugar 10 a nivel nacional (Foro Consultivo Científico y Tecnológico [FCCyT] 2013). Este crecimiento, sin embargo, no ha sido equilibrado en las distintas disciplinas del conocimiento, pues se ha dado fundamentalmente en las áreas de ciencias sociales y educación-humanidades, las cuales, poseían en 2008 el 86.7 por ciento del total de estudiantes de posgrado en el estado (FCCyT 2011, 21).

En el último Ranking de Ciencia y Tecnología, Sonora se ubicaba en el lugar 20 nacional al tener el 7.7 por ciento de la matrícula afín a posgrados de ciencia y tecnología por cada 10 mil habitantes de la población económicamente activa (FCCyT 2013, 133).

De los aproximadamente 100 programas de posgrado existentes en Sonora únicamente 32, que representan alrededor del 30 por ciento, se encuentran registrados en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (CONACYT 2012, 2) y sólo un programa cuenta con la certificación de competencia internacional que da este organismo. Además, únicamente cinco instituciones del estado, todas de carácter público, cuentan con programas de posgrado avalados como de calidad por el CONACYT.

A pesar del papel que se le otorga al posgrado para el desarrollo de la región, los estudios con relación al mismo son escasos, lo cual, se ilustra por el hecho de que en el transcurso del periodo comprendido entre 2002 a 2012 se identificaron sólo 10 publicaciones acerca de los posgrados. Pocas tratan aspectos relativos a la relación de los posgrados con el Sistema Regional de Innovación Tecnológica (SRIT) (Valdés et al. 2013, 40, 22).

De los estudios que abordan la relación de los posgrados con el SRIT en la región, ninguno lo ha hecho desde la perspectiva de los estudiantes. Esto resulta en una carencia importante de esta temática de investigación; deja un vacío de conocimiento con respecto a cómo perciben los estudiantes de los posgrados la contribución de estos programas al desarrollo de competencias que les permitan su inserción a la economía del conocimiento de sus regiones.

La evaluación del posgrado desde las opiniones de los estudiantes se fundamentó en el modelo de evaluación comprensiva propuesto por Stake (2006, 10), el cual, sostiene que las percepciones de los agentes involucrados en un programa constituyen un elemento importante dentro de la evaluación de los mismos. El análisis consideró también el modelo para la evaluación de la calidad de las instituciones de educación superior propuesto por De la Orden, Asensio, Biencinto, González y Mofokosi (2007, 8), quienes sostienen que la calidad de estas instituciones y sus programas de estudio es resultado de las relaciones de coherencia entre las dimensiones de “Funcionalidad”, “Eficiencia” y “Eficacia”.

En el estudio se abordó de manera particular la dimensión de “Funcionalidad”, que expresa el grado en que las instituciones de educación superior (IES) logran que sus objetivos se adecuen y respondan a necesidades sociales. Esta congruencia entre objetivos y resultados de las IES con las demandas del contexto se expresa, entre otros aspectos, en su posibilidad de contribuir al desarrollo de las regiones mediante la transferencia de conocimientos y tecnologías, la extensión de la cultura y la formación de capital humano con las competencias necesarias para incorporarse a la economía del conocimiento (Organisation for Economic Cooperation and Development 2007, 19).

Para alcanzar los objetivos del estudio se llevó a cabo un diseño de corte cualitativo con un enfoque fenomenológico que parte del supuesto que los individuos, a través de sus interacciones con los objetos, sucesos y personas, forman creencias que por ser portadoras de sentido influirán en la forma en que experimentan y actúan dentro de sus contextos sociales (Creswell 2009, 173; Habermas 2007, 176).

La investigación acerca de la formación de científicos en México se puede dividir en tres grandes grupos: el primero está integrado por los que han abordado el tema desde la política educativa y su impacto en la formación de científicos (Basulto y Grediaga 2011, 3; FCCyT 2011, 24; Rivas 2004, 92; Rodríguez 2009, 24; Sánchez 2008, 8; Tinajero 2005, 108); el segundo grupo comprende los estudios realizados desde la sociología de las profesiones (Didou 2009, 12; Ibarra 2000, 67), y el tercero, en el cual se enmarca el presente trabajo, aborda el problema con un enfoque más centrado en lo educativo, interesándose de manera prioritaria en los procesos de formación que se desarrollan en los posgrados (De la Cruz et al. 2010, 82; García y Barrón 2011, 95; Moreno 2007, 562; Luna 2008, 76; Reynaga 2002, 40).

En el estudio se asumió que las competencias comprenden un conjunto de saberes, procedimientos y actitudes que el individuo integra de manera creativa para resolver problemas de su contexto (Coll 2007, 2; Díaz-Barriga 2011, 4). Además, se consideró que las ‘competencias científicas’ integran tres subgrupos de competencias: (a) Genéricas, facilitan el desempeño en una amplia variedad de profesiones; (b) Generación y Divulgación, permiten la búsqueda y generación del conocimiento; y (c) Gestión de Recursos, que se relaciona con la búsqueda de fondos para la investigación y los procesos de transferencia y comercialización de los recursos (León et al. 2009, 66; Valdés et al. 2012, 41).

De manera particular, la investigación se propuso describir las percepciones de estudiantes de ciencias naturales con respecto a la funcionalidad de los programas de posgrado en ciencias naturales e ingenierías en Sonora. Para esto, se partió de ejes temáticos que abordaron las percepciones de los estudiantes con respecto a elementos tales como: (a) competencias que consideran han desarrollado en sus programas; (b) percepción acerca de sus posibilidades de inserción laboral dentro de la región y (c) escenarios de oportunidad para fortalecer la formación en el posgrado y su impacto en el desarrollo regional.

## MÉTODO

### *Participantes*

Mediante un muestreo teórico se seleccionaron, para participar en el estudio, a 17 estudiantes de doctorado inscritos en programas de posgrado en ciencias naturales que pertenecen al PNPC de tres instituciones públicas de educación superior del estado de Sonora.

Los participantes se eligieron atendiendo a que fueran estudiantes inscritos en uno de los dos últimos semestres de programas doctorales de ciencias naturales y que mostrarán disposición a participar en el estudio. El número de participantes se determinó atendiendo al criterio de saturación teórica de la información.

Del total, nueve fueron del sexo masculino y ocho del femenino con una edad promedio de 27.1 años.

### *Técnicas*

Se utilizó la entrevista a profundidad como técnica para lograr una descripción densa acerca de cómo perciben los estudiantes los aspectos relativos a su formación en el posgrado. En la entrevista, primero se les presentó una definición de competencia y las diferentes subcompetencias que integraba la misma, lo cual, se manejó como situación que contextualizaba la conversación. Las preguntas generadoras de la entrevista fueron: (a) ¿Cómo y de qué forma el programa de posgrado ha contribuido al desarrollo de sus competencias científicas?; (b) ¿Cuál es su percepción acerca de sus posibilidades de inserción laboral dentro de la región? y (c) ¿Qué escenarios de oportunidad hay para fortalecer la formación en el posgrado y su impacto en el desarrollo regional?

### *Procedimiento*

Se solicitó a las autoridades de las IES el consentimiento informado para obtener acceso al campo de estudio. Posteriormente se contactó a los estudiantes seleccionados para realizar las entrevistas, a quienes se les explicó el objetivo del estudio y solicitó su participación voluntaria y permiso para grabar las conversaciones; estas se realizaron en espacios donde se verificó que existiera la privacidad necesaria para salvaguardar la información que dieron los participantes. Su duración fue entre una y dos horas.

Para el análisis de la información se utilizó el enfoque inductivo propuesto por Thomas (2003), generándose en un principio 30 categorías analíticas que fueron reducidas a 15 en un análisis posterior. Como apoyo, en el análisis de la información se utilizó el software Atlas ti.5.

Los aspectos éticos de la investigación se verificaron al procurar la participación informada y voluntaria de los estudiantes en el estudio. Se consideraron medidas para garantizar la confidencialidad de la información.

Se procuró fortalecer la credibilidad y validez de los hallazgos a través de la triangulación de investigadores participantes en los análisis. Se realizó una comprobación de coherencia, al solicitar a los investigadores ajenos a la temática que a partir del análisis de las categorías identificaran las partes del texto que las ejemplifican. Por último, se realizó un control de credibilidad discutiendo y validando los análisis realizados con los propios estudiantes.

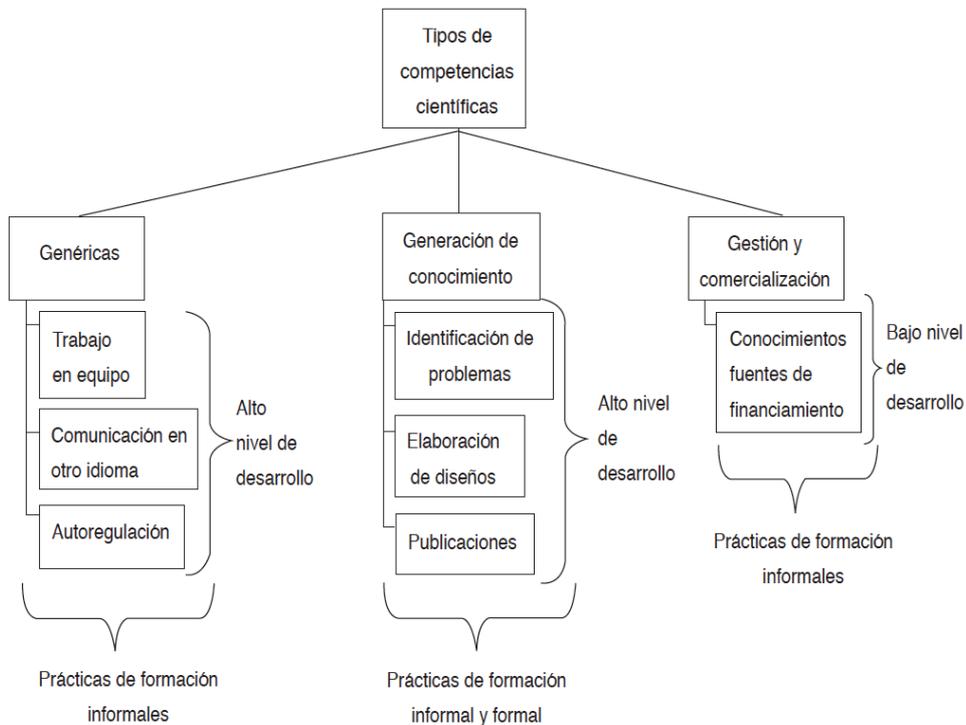
## RESULTADOS

### *Percepción de los estudiantes sobre las competencias que forman en sus posgrados*

El análisis de contenido de este tema se realizó atendiendo a tres subtipos de habilidades que integran la competencia científica. Con respecto a la misma se indagó en el nivel de formación percibido y el tipo de prácticas de enseñanza que se utilizan en los programas para su formación (véase [figura 1](#)).

Los estudiantes refirieron que sus programas de posgrado les facilitan en un nivel alto la formación de aquellas competencias identificadas como genéricas. Dentro de estas, mencionan como las más significativas en su formación las relacionadas con el trabajo en equipo, el manejo de la lectura y escritura en inglés y la autorregulación del trabajo académico. Las prácticas de formación de estas competencias son fundamentalmente de tipo informal, ya que no existen materias o cursos en el programa destinados a trabajar en ellas.

Figura 1. Percepción de los estudiantes acerca de las competencias formadas en los posgrados



Fuente: elaboración propia.

*Estudiante 1:* ‘Creo que he aprendido a trabajar con equipos de investigación, a compartir y discutir ideas con mis compañeros y profesores. Aunque no se nos enseña expresamente, hemos aprendido a organizarnos y ser responsables; sabemos que tenemos que entregar tareas y nos organizamos para ello...’.

*Estudiante 12:* ‘Es exigente el estudio, tenemos que organizarnos bien y trabajar para desarrollar por nosotros mismos las habilidades que se requieren. Por ejemplo, se nos pide que seamos capaces de leer y escribir en inglés de manera casi perfecta. Algunos de nosotros no teníamos esas habilidades totalmente desarrolladas y las hemos tenido que formar por nosotros mismos...’.

Los estudiantes refirieron que el posgrado favoreció a que desarrollaran en un alto nivel competencias para la generación de conocimientos. Dentro de las habilidades, señalaron como las más significativas las de identificación de problemas de investigación, diseño de experimentos, manejo de diversas técnicas en el laboratorio y la redacción de artículos científicos. Describen que estas habilidades se forman mediante prácticas formales (cursos, seminarios y estancias académicas) e informales (trabajo con el asesor y los compañeros).

*Estudiante 8:* ‘Durante estos años he podido fortalecer mis habilidades como investigador, creo que ya soy mucho más hábil para identificar problemas que se presentan en mi área de investigación y elaborar diseños para llevar a cabo estudios para comprobar hipótesis... Los seminarios nos ayudan mucho a mejorar como investigadores. Aprendemos de nosotros mismos y de los compañeros...’.

*Estudiante 14:* ‘Desde mi punto de vista, el programa nos ha formado bien como investigadores, creo puedo diseñar mis propios estudios y publicar sus resultados en revistas especializadas. Sé que aún me falta aprender mucho, pero creo que en el programa he adquirido sólidas bases...’.

Una situación diferente se apreció en las respuestas de los estudiantes con referencia a las competencias relativas a la gestión de recursos y/o comercialización de conocimientos (concursos de financiamiento y administración de proyectos, desarrollo y administración de empresas, formas de patentar, entre otras) ya que refirieron tener un bajo nivel de desarrollo en las mismas.

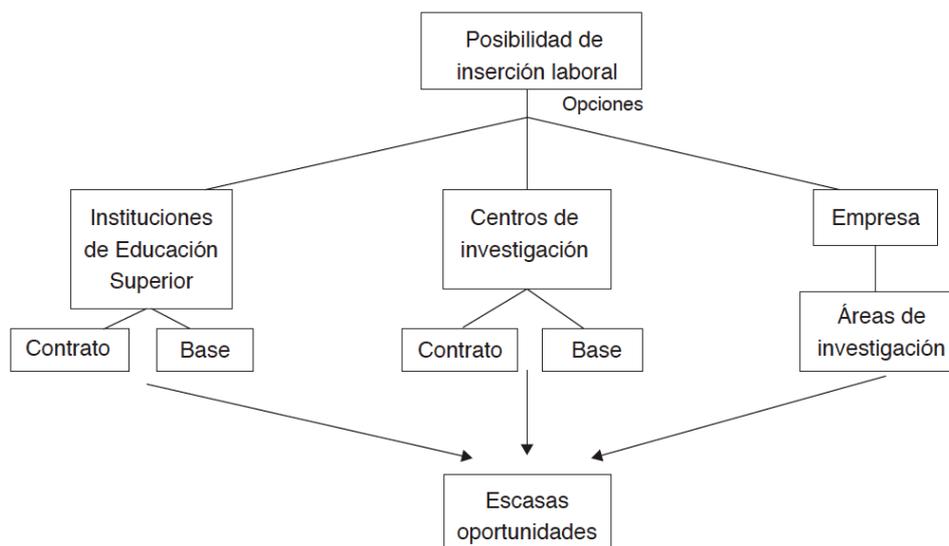
Los estudiantes consideran que no se le otorga mucha importancia a la formación de dichas competencias dentro de los programas de posgrado; según ellos, esto se manifiesta en que no existen cursos o seminarios destinados a desarrollarlas. Lo que logran aprender lo hacen de manera informal, por interés en alguna oportunidad que les brindan los asesores, pero estos aún no los involucran de lleno en este tipo de actividades relacionadas con la gestión y comercialización, según refieren los estudiantes.

*Estudiante 5:* ‘En la parte académica nos forman muy bien pero nos preparan para buscar trabajo en las universidades; no existen materias relacionadas con el desarrollo y administración de empresas y de financiamiento para las mismas...’.

*Estudiante 15:* ‘Quisiera nos enseñaran procedimientos para concursar proyectos y herramientas acerca de su administración. En eso nuestro asesor nos deja participar poco. Nosotros hacemos la parte que nos corresponde, pero no sabemos cómo se hace para obtener los recursos del proyecto...’. ‘Otra cosa importante que no nos enseñan, son aspectos acerca de derechos de autor y procedimientos para patentar’.

Los alumnos perciben que en el Estado existen pocas posibilidades de inserción laboral para los egresados de los programas de posgrado, lo cual, hace que muchos de ellos emigren a otras regiones del país. Refieren que estas escasas opciones de trabajo se encuentran fundamentalmente en IES, y en menor medida en el ámbito empresarial (véase [figura 2](#)).

Figura 2. Percepción de los estudiantes acerca de sus posibilidades de inserción laboral



Fuente: elaboración propia.

Señalaron los estudiantes que en las IES existen limitadas opciones de trabajo, ya que no se crean suficientes plazas para ampliar la base de investigadores. En lo que toca a las empresas, existen pocas que valoren el trabajo de doctores y que dediquen presupuesto a la investigación.

*Estudiante 12:* ‘Hay pocas oportunidades en el estado, son pocas las plazas y contratos en las universidades y las empresas no quieren invertir en investigación. Prefieren contratar gente menos calificada y pagarle menos...?’

*Estudiante 16:* ‘La verdad no son muchas, sé que son pocas empresas las que tienen departamentos de investigación y en los centros de investigación hace tiempo no se crean nuevas plazas para investigadores. En mi caso creo que buscaré opciones en otro lugar del país...?’

#### *Escenarios de oportunidad para fortalecer la formación en el posgrado y su impacto en el desarrollo regional*

En este eje las respuestas se agruparon en tres categorías: a) acciones enfocadas directamente en la formación del estudiante, b) prácticas que favorecen la vinculación del posgrado con la región y c) promover el desarrollo de políticas públicas estatales para el apoyo a los nuevos investigadores (véase [figura 3](#)).

Figura 3. Escenarios de oportunidad en el posgrado



Fuente: elaboración propia.

Dentro de las acciones enfocadas en el desarrollo de los egresados, los estudiantes mencionan aquellas dirigidas a favorecer en ellos el desarrollo de competencias para ser sus propios empleadores, por lo cual, señalan la importancia de introducir materias y cursos enfocados en administración y gestión de empresas. También comentan la necesidad de que aumente su vinculación con académicos de otras áreas para la creación de proyectos de investigación que resuelvan problemáticas de la región o el desarrollo de nuevas oportunidades de negocios.

Dentro de las acciones que consideran necesarias para el aumento de la vinculación de los programas de posgrado con los sectores productivos y sociales de la región, mencionan la creación de bolsas de trabajo, el desarrollo de reuniones periódicas de los estudiantes con los otros actores del Sistema Regional de Innovación y una mayor cantidad de actividades de divulgación de la ciencia.

Por último, consideran que se necesitan acciones por parte de las instituciones de educación superior para promover la creación de programas estatales de apoyo a los nuevos investigadores después de que egresan, para que puedan insertarse en el sector productivo de la región, en las instituciones de educación superior o crear sus propias empresas.

## CONCLUSIONES

Con respecto a las competencias que han desarrollado en sus programas y que son fundamentales para insertarse en un SRIT, los estudiantes perciben que poseen sobre todo las de tipo genérico y las relacionadas con la generación de conocimiento. Consideran que les faltó desarrollar la competencia de gestión y comercialización, la cual, sin lugar a dudas, resulta esencial para realizar transferencia de conocimiento científico y tecnológico dentro de los sistemas y, por consecuencia, determinante para el desarrollo económico de las regiones. Esto hace pensar que aún predomina en los programas estudiados una formación tradicional de los científicos, por encima de la que demandan las actuales sociedades del conocimiento.

En su percepción de sus posibilidades de inserción laboral dentro de la región, se encontró que es necesario desarrollar competencias en los estudiantes para incorporarse de manera efectiva a la economía del conocimiento, especialmente aquellas enfocadas en generar empresas con base tecnológica e innovadora. Precisamente la competencia de gestión sería fundamental para complementar el proceso formativo; así ellos,

en lugar de esperar su ingreso laboral a una institución, buscarían tener y gestionar financiamiento para una empresa propia y con socios, y de esta forma contribuir de manera más dinámica al fortalecimiento de la economía regional, lo cual, fue parte de las recomendaciones elaboradas en el estudio de la Organisation for Economic Cooperation and Development realizado en Sonora (Puukka, Christopherson, Dubarte, Gacel-Ávila y Pavlakovich-Kochi 2013, 30).

Lo anterior nos permite suponer que los jóvenes egresados de doctorados de excelencia no tienen una postura proactiva en relación con la empresa, y por ello desconocen la lógica y gestión empresarial y tienden a confundirla con la de las IES, esperando una convocatoria pública de las empresas para plazas indefinidas de tiempo completo.

Para crear los escenarios de oportunidad que fortalezcan la formación en el posgrado y su impacto en el desarrollo regional, ellos mismos proponen mayor interacción con algunos agentes del SRIT como una considerable vinculación con el sector productivo, ya sea a través de prácticas o del trabajo directo en proyectos. Además, consideran muy importante un incremento en la inversión por parte del gobierno para formar nuevos investigadores.

Si se considera lo que dice la literatura sobre los SRIT (Lundvall 2002, 98; Edquist 1997, 289; Rodríguez-Benítez 2007, 8) y el valor que los recursos humanos tienen dentro de los mismos, es pertinente señalar que las competencias científicas y genéricas no son suficientes para participar en las dinámicas que se desarrollan dentro de ellos (Coll 2007, 2; Díaz-Barriga 2011, 4), los posgrados deberían considerar la inclusión de otras competencias como la de gestión y comercialización, para que sus estudiantes pasen de buscar ser empleados dentro de organizaciones a ser empleadores, o que pasen de ser replicantes del conocimiento a ser generadores de tecnología e innovación (Martínez-Lobatos 2010, 31).

Para lograrlo deberán estar evaluando constantemente el posgrado y no solo considerar los indicadores que señalan los organismos como CONACyT, sino también la opinión de profesores y estudiantes, además de los sectores externos, para tener información actualizada y tomar decisiones de forma más dinámica. Además, se debe intentar, estar pendientes de las innovaciones en la enseñanza de las ciencias y postular la práctica como un eje para la formación de los estudiantes (Valdés, Vera y Estévez 2013, 40; 22).

## BIBLIOGRAFÍA

- Bajo, Alonso, José Bastidas y Ramona Flores. 2009. Sistema Regional de Innovación: análisis de sus indicadores básicos en Sinaloa y Sonora. México: Ediciones Lirio.
- Basulto, Yazmín y Rocío Grediaga. 2011. Los procesos de evaluación y fomento del posgrado nacional. Alcances y límites de las formas de medición y clasificación en función del desempeño. Ponencia en extenso, XI Congreso Nacional de Investigación Educativa. D. F., México, COMIE.
- Coll, César. 2007. Las competencias en la educación escolar: algo más que una moda y mucho menos que un remedio. *Aula de Innovación Educativa* 161: 1-6.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). 2012. Programa Nacional de Posgrado de Calidad. Marco de Referencia para la evaluación y seguimiento de programa de posgrado. <http://www.conacyt.gob.mx> (6 de abril de 2012).
- Creswell, John. 2009. *Research design. Qualitative, quantitative, and mixed method approaches* (3<sup>era</sup> ed.). Estados Unidos: Sage.

- De la Cruz, Gabriela, Frida Díaz-Barriga y Luis Abreu. 2010. La labor tutorial en los estudios de posgrado. *Perfiles Educativos* XXXII (130): 83-102.
- De la Orden, Arturo, Inmaculada Asencio, Chantal-María Biencinto, Coral González y José Mafokosi. 2007. Niveles y perfiles de funcionalidad como dimensión de calidad universitaria. Un estudio empírico de la Universidad Complutense. *Archivo, Analíticos de Políticas Educativas*, 15 (12). <http://epaa.asu.edu/epaa/> (3 de Enero de 2013).
- Díaz-Barriga, Ángel. 2011. Competencias en educación. Corrientes de pensamiento e implicaciones para el currículo y el trabajo en el aula. *Revista Iberoamericana de Educación Superior* 11 (5): 3-24.
- Didou, Sylvie. 2009. ¿Pérdida de cerebros y ganancia de saberes? La movilidad internacional de recursos humanos altamente calificados en América Latina y el Caribe. En *Fuga de cerebros, movilidad de académicos redes científicas*, compilado por Sylvie Didou y Gerard Etennie, 11-14. México: IESALC-CINVESTAC-IRD.
- Edquist, Charles. 1997. Innovation Policy: a System Approach. En *The Globalizing Learning Economy*, compilado por Bengt-Ake Lundvall, 370-380. Oxford: Oxford University Press.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico. 2011. Evaluación del impacto del programa de formación de científicos y tecnólogos 1997-2006. México: FCCyT.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico. 2013. Ranking de Ciencia y Tecnología 2013. México: FCCyT.
- Fresán, Magdalena y Taborga Huescar. 1998. Tipología de las instituciones de educación superior. México: ANUIES.
- Gámez, R. 2008. Cambio organizacional por el uso de tecnología en empresas hortícolas. Memoria del VIII Congreso Nacional y IV Internacional de Territorio, Industria y Tecnología. México: RIDIT y UAS.
- García, Octaviano y Concepción Barrón. 2011. Un estudio sobre la trayectoria escolar de los estudiantes del Doctorado en Pedagogía. *Perfiles Educativos* XXXIII (131): 94-113.
- Gobierno de la República. 2013. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. México: Gobierno de la República.
- Grediaga, Rocío, Laura Padilla y Mireya Huerta. 2003. Una propuesta de clasificación de educación en México. México: ANUIES.
- Habermas, Jurgen. 2007. La lógica de las ciencias sociales. Madrid: Tecnos. <http://ries.universia.net/index.php/ries/article/view/233/html> 50 (5 de Agosto de 2013)
- Ibarra, Guadalupe. 2000. Las nuevas formas de producción de conocimientos y su impacto en la formación de investigadores en la UNAM. *Tiempo de Educar* 2 (3): 66-89.

- Jasso, Javier y Marina Esquer. 2008. Redes locales de innovación en México. Innovación y conocimiento. Memoria en extenso, VIII Congreso Nacional y IV internacional de Territorio, Industria y Tecnología. México, RIDIT y UAS.
- León B., Jorge I., Sandoval, Sergio y López, Santos. 2009. Vinculación y transferencia de conocimientos de los investigadores de Sonora: un enfoque basado en la importancia de los factores individuales. *Región y Sociedad XXI* (45): 65-96.
- López Leyva, Santos. 2005. La vinculación de la ciencia y la tecnología con el sector productivo. México: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- López Leyva, Santos. 2008. Introducción. En *Innovación y conocimiento*, compilado por Santos López Leyva y Leonel Corona, 7-13. México: RIDIT/UAS.
- Luna, Edna. 2008. Evaluación en contexto de la docencia en Posgrado. *Reencuentro* (53): 75-84.
- Lundvall, Bengt-Ake, Johnson Bjorn, Sloth Esben y Dalum Bent. 2002. National systems of production, innovation and competence building. En *Research Policy* (31): 213-231.
- Martínez-Lobatos, Lilia. 2010. Formación para la innovación: el currículum ante las demandas de la nueva economía. México: ANUIES/UABC.
- Moreno, María. 2007. En experiencias de formación y formadores en programas de Doctorado en Educación. *Revista Mexicana de Investigación Educativa XII* (33): 561-580.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2007. *Higher education and regions. Global competitive, locally engaged*. París: OCDE.
- Puukka, Jaana, Chistorpherson, Susan, Dubarie, Patrick, Gacel-Ávila Jocelyne y Pavlakovich-Kochi Vera. 2013. *Higher Education in Regional and City Development*. Sonora, México. París: OCDE.
- Reynaga, Sonia. 2002. Los posgrados: una mirada valorativa. *Revista de la Educación Superior* 31 (124): 39-54.
- Rivas, Luis. 2004. La formación de investigadores en México. *Perfiles Latinoamericanos* (25): 89-113.
- Rodríguez, José. 2009. El nuevo capitalismo en la literatura económica y el debate actual. Compilado por Dabat, Alejandro y José Rodríguez, 23-55. Distrito Federal, México: Porrúa.
- Rodríguez, Raúl, Laura Treviño y Laura Urquidi. 2007. La Educación Superior en Sonora. *Revista de Educación Superior XXXVI* (1): 23-39.
- Rodríguez-Benítez, Carlos. 2007. Estrategias territoriales de innovación y transferencia de tecnología. *Ciencia en su PC* 2: 1-10.

- Rosales, Sergio y Santos López-Leyva. 2008. Base exportadora y sistema de innovación regional. El caso de Sinaloa. *Región y Sociedad* 43 (20): 163-187.
- Sánchez, Leticia. 2008. Proceso de formación del investigador en el área tecnológica. El caso de los programas de posgrado del Cenidet. *Revista de la Educación Superior* XXXVII (1): 7-23.
- Stake, Robert. 2006. *Evaluación comprensiva y evaluación basada en estándares*. Barcelona, España: Grao.
- Thomas, David. 2003. A general inductive approach for qualitative data analyses: New Zealand: University of Auckland. [www.health.auckland.ac.nz/hrmas/resources/quakdatanalysis.html#purposes](http://www.health.auckland.ac.nz/hrmas/resources/quakdatanalysis.html#purposes) (10 de Septiembre de 2013).
- Tinajero, Guadalupe. 2005. Una década de acreditación de programas de posgrados: 1991-2001. *Revista de la Educación Superior* 34 (133): 107-120.
- Valdés, Ángel, José Vera y Ernesto Carlos. 2012. Competencias científicas en estudiantes de posgrado de ciencias naturales e ingenierías. *Sinéctica* (39). [http://www.sinectica.iteso.mx/index.php?art=39\\_02](http://www.sinectica.iteso.mx/index.php?art=39_02) (10 de diciembre de 2013).
- Valdés, Ángel, José Vera y Ety Estévez. 2012. Variables asociadas al desarrollo de la competencia científica en estudiantes de posgrado en Sonora. *Reencuentro* (63): 40-46.
- Valdés, Ángel, José Vera, Ernesto Carlos y Ety Estévez. 2013. Perfiles de estudiantes de posgrado en ciencias e ingenierías en Sonora. *Revista Iberoamericana de Educación Superior* IV (10): 22-39.

## PARTE II

# CAPACIDADES, TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS Y REDES DE CONOCIMIENTO EN EL SECTOR PRIMARIO DE SONORA

# TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS EN LA AGRICULTURA SONORENSE: EL CASO DEL TRIGO EN EL VALLE DEL YAQUI

Iris Valenzuela Gastélum<sup>1</sup>

Alvaro Bracamonte Sierra<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

La agricultura sonorense es una de las más competitivas de México;<sup>3</sup> históricamente la entidad ha sido reconocida por su liderazgo en la introducción de innovaciones tecnológicas que mejoran el desempeño sectorial. Por ejemplo, a mediados del siglo pasado se gestó en el sur de la entidad la Revolución Verde, consistente en un incremento sustancial de los rendimientos derivados de la aplicación de semillas de alta potencia desarrolladas en los campos de experimentación de la región. Este proceso fue apoyado por un conjunto de políticas públicas para configurar un esquema de acumulación distinto al anclado en la minería y la ganadería. Entre las acciones destaca la ampliación de la frontera agrícola mediante la canalización de cuantiosos recursos fiscales para infraestructura hidroagrícola. La expansión del agro regional se concentró en los grandes valles (Contreras y Rodríguez 2003) del sur de la entidad, principalmente en el Valle del Yaqui.

Desde entonces la evolución de la agricultura estatal ha dependido de una lógica innovadora impulsada desde mediados de los años cuarenta; esta dinámica ha troquelado un sendero tecnológico interesante que requiere analizarse dada la relevancia que exhibe, no solo para la economía local sino sobre todo para la nacional, y por la influencia que tiene en el rumbo donde asume el desarrollo científico y tecnológico en materia agropecuaria.

Este ensayo busca analizar la trayectoria tecnológica del trigo en el Valle del Yaqui; en otras palabras, el propósito es caracterizar el cambio y la continuidad tecnológica que existe entre el periodo durante el cual se gestó la Revolución Verde y los años posteriores hasta la fecha.

El marco conceptual del análisis es el enfoque de las trayectorias tecnológicas, perspectiva subyacente a la Economía Evolutiva; el capítulo se compone de dos secciones y las conclusiones. En la primera se revisan los aspectos teóricos vinculados a las trayectorias tecnológicas. En la segunda se construye la trayectoria tecnológica del cultivo del trigo en la región del Valle del Yaqui y sus efectos sobre los rendimientos. Finalmente se formulan un conjunto de conclusiones generales que intentan resumir las principales ideas expuestas y bosquejar el futuro en materia de innovación y desarrollo tecnológico.

---

<sup>1</sup> Maestra en Ciencias Sociales por El Colegio de Sonora. Contacto: [ivalenzg@gmail.com](mailto:ivalenzg@gmail.com)

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma Metropolitana. Profesor-Investigador Titular de El Colegio de Sonora. Contacto: [abraca@colson.edu.mx](mailto:abraca@colson.edu.mx)

<sup>3</sup> Los rendimientos por hectárea obtenidos en la producción de granos básicos, la proporción de exportaciones hortofrutícolas de los distritos del centro y norte de la entidad, la tecnología aplicada son, entre otros, los factores que la hacen de esta zona una de las más competitivas del país.

En los últimos años se ha dado gran importancia al estudio de los procesos de innovación como vía para impulsar el crecimiento económico de los países, regiones, sectores productivos y empresas. La Economía Evolutiva considera al cambio tecnológico como un proceso endógeno que posibilita la configuración de senderos tecnológicos de innovación, también denominados trayectorias tecnológicas.

El enfoque de trayectorias tecnológicas supone que las firmas cambian en el largo plazo, consideración que se contrapone al supuesto estacionario predominante en la teoría económica neoclásica; esta es más comprensiva ya que permite determinar las bases que explican el crecimiento y la evolución de largo plazo de la empresa a partir de la generación de nuevas tecnologías.

La discusión general en la literatura que refiere a trayectorias tecnológicas está ligada a la definición de paradigmas tecnológicos. Giovanni Dosi (1982) y otros académicos estudiosos de la innovación empezaron a usar el concepto de paradigmas tecnológicos y trayectorias tecnológicas como variables estrechamente ligadas; sugieren que paralelamente a la definición de paradigmas científicos<sup>4</sup> existen paradigmas tecnológicos, constatando la existencia de grandes rupturas científicas que tienen lugar de manera irregular en el tiempo, lo que da pie al nacimiento de nuevas áreas tecnológicas: en un paradigma tecnológico los procesos de cambio son actividades que se desarrollan según trayectorias tecnológicas precisas (Dosi 1982, 152).

Nelson y Winter (1977 en Cimoli y de Ila Giusta 1998) denominan trayectorias naturales de progreso técnico a los patrones que contribuyen a configurar la dirección en la cual se resuelven problemas técnicos o científicos. En este sentido, una trayectoria tecnológica representa el sendero, determinado por un paradigma, de la actividad “normal” de resolución de problemas (Dosi 1982). La trayectoria constituye la dirección tomada por el desarrollo de una tecnología durante su evolución.

Por su parte, Morero (2007) señala que un paradigma define los problemas relevantes y la agenda de investigación sectorial, condicionando las oportunidades para desarrollar innovaciones. Aquí, las trayectorias tecnológicas dentro de cada paradigma científico-tecnológico representan la ruta de evolución de las innovaciones introducidas en un sector específico; dicho de otra manera, representan, según Cruz (1997), la sucesión ordenada y continua de invenciones o innovaciones de productos, procesos, campos tecnológicos y desarrollo organizacional. Constituyen un proceso heurístico sobre la manera de hacer algo y de cómo mejorarlo.

En suma, la configuración de trayectorias tecnológicas direcciona la aplicación de soluciones específicas a problemas específicos presentados en un sector y espacio temporal determinado. Es decir, representa la senda de evolución por la que pasan las tecnologías surgidas en el seno de un paradigma científico-tecnológico. La adopción de un camino u otro se encuentra supeditada en gran medida por el ambiente institucional, económico y social prevaleciente.

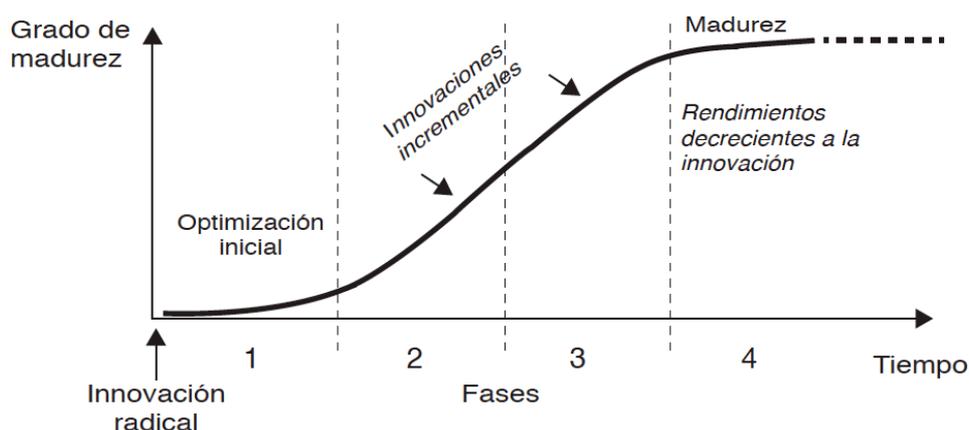
Las trayectorias tecnológicas representan un proceso dinámico cuya evolución es regida por su propia historia, es decir, que es dependiente de la trayectoria (*path dependent*). La noción de dependencia de la trayectoria se ha desplegado en la historia económica para explicar las secuencias de acontecimientos relacionados principalmente con la evolución tecnológica e institucional (Araujo y Harrison s/f). De acuerdo con esa noción, Rosenberg (1994) señala que la forma y la dirección del cambio tecnológico es influenciada por la sucesión particular de eventos pasados, estos es, como señala Dosi (1982, 1988 en Bathelt y Boggs 2005), que el sentido del cambio tecnológico es en cierto grado preestructurado por las tecnologías existentes, aunque no de una manera determinista. De esa manera, la historia del desarrollo de nuevas tecnologías y de la adaptación de las ya existentes define una trayectoria tecnológica particular. A lo largo de este camino, según Nelson (1995 en Bathelt y Boggs 2005), las empresas acumulan conocimientos especializados sobre

---

<sup>4</sup> Un paradigma científico comprende un conjunto de métodos, principios, y estrategias que dominan la forma de hacer y de pensar de una determinada actividad (Cruz 1997).

tecnologías específicas y sus usos. Parte de ese aprendizaje tecnológico es incremental y eventualmente radical. Según Carlota Pérez (2009) la noción de trayectoria destaca la importancia de las innovaciones incrementales<sup>5</sup> en la senda de crecimiento después de cada innovación radical.<sup>6</sup> Aunque es cierto que las grandes innovaciones tienen un papel central en la determinación de nuevas inversiones y el crecimiento económico, la expansión depende de la innovación incremental. Lo anterior quiere decir que innovaciones de mejora de productos y de procesos que siguen a la introducción de un nuevo producto, tiene un impacto importante en el aumento de la productividad y el crecimiento del mercado.

Figura 1. La evolución de una tecnología: una trayectoria tecnológica



Basado en Nelson y Winter 1977, Dosi 1982, Freeman y Pérez 1988, Wolf 1912, Abernathy y Utterback 1975 y otros autores.  
Fuente: Pérez 2001.

Cada una de las innovaciones radicales representa una discontinuidad seguida por una evolución constante, hasta que la reducción de las posibilidades de aumentar la productividad y beneficios impulsan la búsqueda de otras innovaciones radicales (Pérez 2001); éstas propician un nuevo horizonte productivo en cualquiera de los sectores de la economía, lo que algunas veces representa el fin de una trayectoria tecnológica y el inicio de otra de naturaleza diferente.

#### TRAYECTORIA DE INNOVACIÓN EN EL TRIGO DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA

El Valle del Yaqui<sup>7</sup> localizado en el suroeste del estado de Sonora es una de las más importantes zonas agrícolas del país. La superficie sembrada se extiende a 225 mil hectáreas regadas con agua rodada proveniente de la presa Álvaro Obregón. Su diseño posee forma de blocks de 400 has. Subdivididos a su

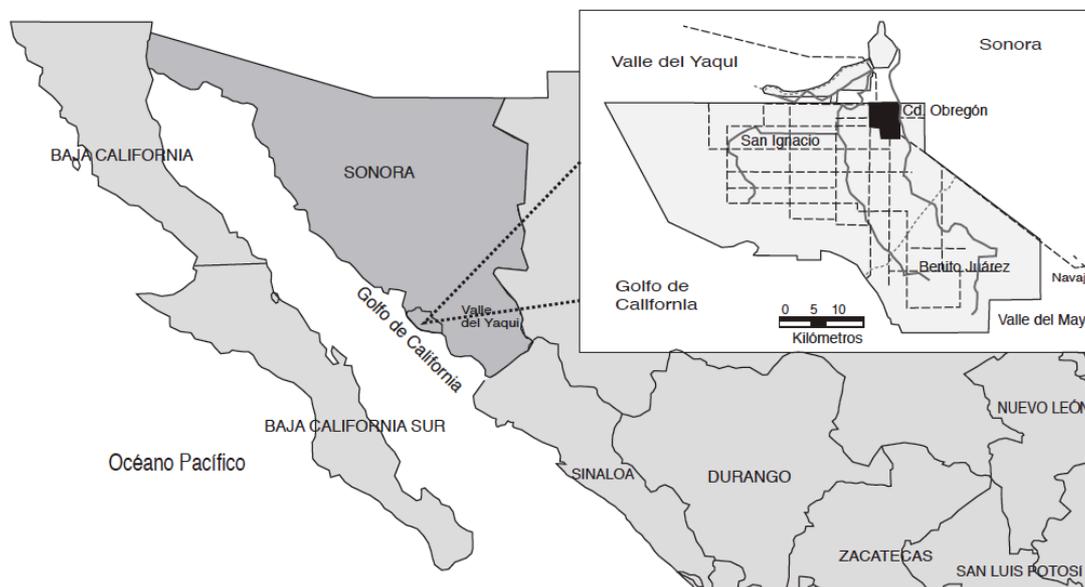
<sup>5</sup> Bramuglia (2000) define las innovaciones incrementales o marginales como mejoras continuas y sucesivas en la tecnología, ya sea en producto o en proceso, que ocurren seguido y espontáneamente. Asimismo, dichas innovaciones pueden ser producto de actividades de investigación y desarrollo dentro de la firma, resultado del "learning by doing" o propuestas de los consumidores y personas relacionadas con el proceso de innovación. Estas innovaciones representan aportaciones considerables de productividad.

<sup>6</sup> La innovación radical es concebida como aquella que comprende la introducción de nuevos productos y procesos, y constituye eventos discontinuos a veces impredecibles que representan una modificación de la trayectoria normal de una tecnología (Bramuglia 2000).

<sup>7</sup> Para efectos del presente documento, debido a que en las posibles fuentes de información y en literatura existente hay inconsistencias en cuanto a los municipios que conforman la región del Valle del Yaqui, se optó por considerar con base en la regionalización propuesta por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), para la generación de estadísticas con referencia al trigo; de esa manera se considera como Valle del Yaqui a los municipios que integran el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 148 Cajeme, éstos son Bácum, Benito Juárez, Cajeme, Etchojoa (parcial), Guaymas (parcial), Navojoa (parcial), Rosario y San Ignacio Río Muerto.

vez en lotes de 10 has. (Obson Wordpress, El Valle del Yaqui, reseña de su historia). En ellos se cultiva cártamo, maíz, sorgo, algodón, sandía y varias hortalizas, pero, como veremos más adelante, fundamentalmente trigo.

Figura 2. Localización del Valle del Yaqui



Fuente: Hernández 2006 en Valenzuela 2014.

Efectivamente, el trigo es desde 1950 el cultivo de mayor importancia en cuanto a superficie sembrada y volumen de producción. Durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno (O-I) 2013-2014 se cosecharon en todo el valle 184 498 has.; de estas el 90 por ciento fueron de trigo. La producción que se obtuvo fue de poco más del millón de toneladas, equivalentes al 77 por ciento del volumen total producido en el valle. La obtención de trigo en el ciclo referido contribuyó con el 68.4 y 44.2 por ciento del total estatal y nacional respectivamente.

Figura 3. Estadísticas del trigo 2011/12 y 2013/14

Ciclo Agrícola O-I	Trigo	Valle del Yaqui	Sonora	México	Valle del Yaqui	
					Part.% en el Estado	Part.% en México
2013-2014*	Superficie cosechada (Ha.)	165 448	251 526	409 189	65.8	40.4
	Producción (Ton.)	1 070 096	1 564 996	2 418 505	68.4	44.2
2011-2012	Valor de la producción (miles de pesos)	4 400 204	6 331 099	11 114 439	69.5	39.6

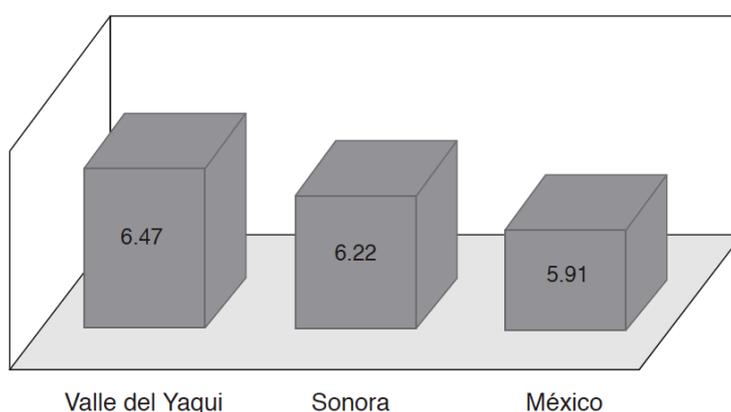
Datos preliminares. Situación al 30 de mayo de 2014.

Fuente: Valenzuela 2014 con estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Base de datos agrícolas.

En cuanto a rendimiento, el promedio del grano en el ciclo O-I (2013-2014) fue de 6.47 ton/ha, lo que significa que se produce con rendimientos por arriba del promedio estatal y nacional.

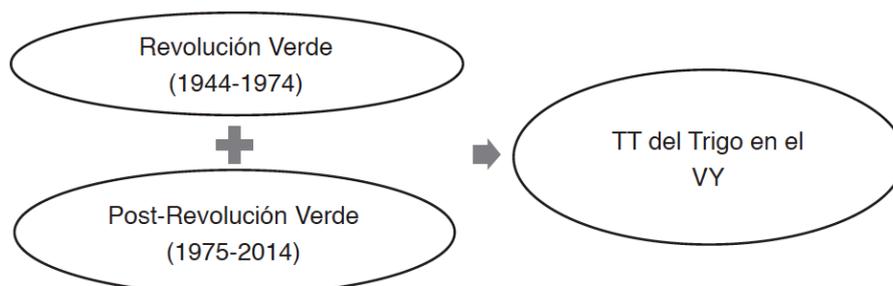
El hecho de que el Valle del Yaqui sea hoy día una de las principales regiones productoras de trigo en el país y proveedor de semilla y grano para gran parte del mundo, se deriva de una trayectoria tecnológica ligada a la investigación e innovación desde hace más de medio siglo, es decir, a partir de la Revolución Verde. Para su análisis, dicho camino puede ser segmentado en dos periodos, en función de las características de la innovación y su evolución productiva: el primero lo identificaremos como el de la Revolución Verde que va de 1944 a 1974; el segundo lo llamaremos de la Post Revolución Verde, comprende desde 1975 en adelante.

Figura 4. Rendimiento medio del trigo, 2014 (ton/ha.)



Fuente: Valenzuela 2014 con estadísticas del SIAP.

Figura 5. Segmentación de la trayectoria tecnológica del trigo en el Valle del Yaqui<sup>8</sup>



Fuente: Valenzuela 2014.

El primer periodo, la de la Revolución Verde, comprende un horizonte temporal de treinta años que inicia en 1944 cuando el Dr. Norman Borlaug asume la Dirección del programa de investigación en trigo de la Oficina de Estudios Especiales (OEE),<sup>9</sup> hasta 1974 cuando el incremento en los rendimientos del trigo era ya reconocido a nivel mundial (Vietmeyer 2009a, 8). El periodo se caracterizó por una activa intervención

<sup>8</sup> El hecho de considerar el periodo de análisis de la investigación a partir de 1944-1945, no asume previa existencia de avances en materia de innovación agrícola en la región del Valle del Yaqui, incluso, para entonces ésta ya era una región mecanizada e irrigada, lo cual, le proporcionó una ventaja comparativa ante el resto de las regiones agrícolas del país y la llevó a convertirse en la cuna de la revolución verde.

<sup>9</sup> No obstante, es hasta 1945 que traslada la investigación al Valle del Yaqui.

estatal a fin de convertir al campo, particularmente al agro sonorenses, en un eficiente proveedor de alimentos y un seguro generador de divisas que permitiera financiar el esfuerzo industrializador que se emprendió a mediados de los cincuenta.<sup>10</sup>

El segundo periodo, la Post-revolución Verde, es el trayecto configurado a lo largo de las últimas cuatro décadas y se caracteriza por ser un etapa donde las condiciones de producción, no solo del trigo, se determinan más por las fuerzas del mercado y menos por la acción del sector público. En ese contexto se advierte que las características de la innovación y la productividad del cultivo se delinear de distinta manera si se le compara con el primer periodo de la revolución verde.

Enseguida se analiza cada periodo.

#### *Evolución de la innovación tecnológica en el periodo de la Revolución Verde (1944-1974)*

Como parte del programa de investigación de la OEE, Norman Borlaug llega a México en el año de 1944 para dirigir el programa de mejoramiento del trigo. Entonces, México importaba la mitad del trigo que consumía y el rendimiento no superaba los 750 kg. /ha. (Borlaug 1970). Pese a que el registrado en el Valle del Yaqui era superior al nacional (1.5 ton/ha.) se consideraban bajos, sobre todo si se revisan las cifras de los seis años previos a la llegada de Borlaug a la OEE (véase [figura 6](#)).

Figura 6. Trigo: rendimiento promedio en el Valle del Yaqui, 1938-1944

Año	Ton/Ha.
1938	0.597
1939	1.107
1940	0.423
1941	0.679
1942	1.071
1943	1.043
1944*	1.5

\* Hewitt de Alcántara 1988, 37.

Nota: 1938=ciclo agrícola 1937-1938, 1939= ciclo agrícola 1938-1939, etc.

Fuente: Banco Nacional de Crédito Ejidal en Hewitt de Alcántara 1988;

Con Borlaug se inicia la trayectoria tecnológica del trigo en México. El primer objetivo fue incrementar el rendimiento. Para ello, era necesario mejorar el aspecto varietal con el objetivo de evaluar y seleccionar las variedades de mejor comportamiento para su posterior multiplicación. Definida la meta, el equipo de investigación puso en práctica la recolección de semillas nativas e importadas; en total se reunieron 11 000

<sup>10</sup> Esa política tuvo su basamento en grandes obras de infraestructura física, primordialmente de irrigación: carretera y ferroviaria; en la expansión del crédito agrícola; en el fomento a la mecanización del sector (Hewitt de Alcántara 1988); el establecimiento de un precio de garantía; y en el impulso a la investigación y experimentación agrícola cuyo fin era elevar la productividad del campo. Como parte de esa última estrategia, en 1943 se crea un programa pionero y cooperativo entre la Fundación Rockefeller y la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) para asistir a México en el incremento de la producción de maíz, trigo y frijol; dicha estrategia se concreta en 1944 con la creación de la OEE. El programa realizó importantes inversiones en el desarrollo de recursos humanos, la formación de decenas de científicos mexicanos y ayudó a establecer el sistema nacional de investigación agrícola en el país (Borlaug 2000).

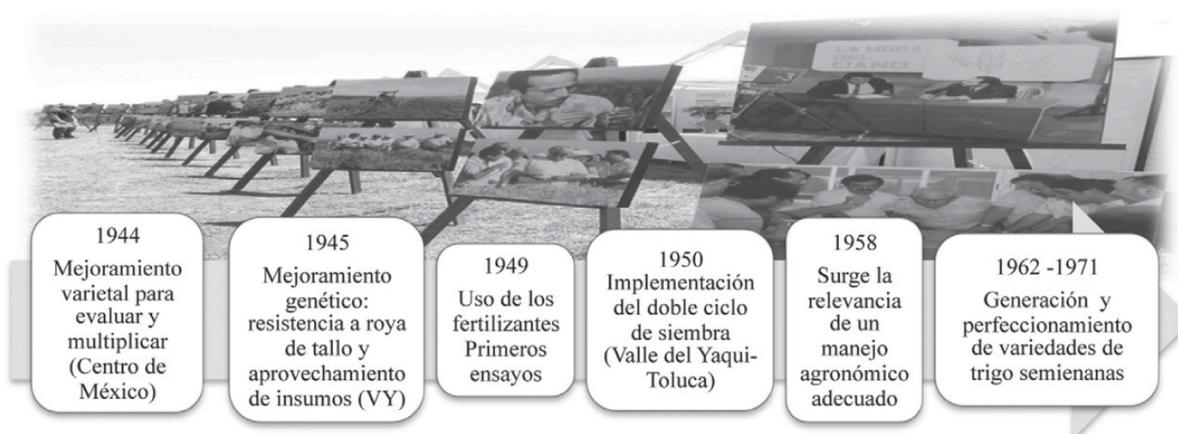
plantas indígenas diferentes y se trajeron del extranjero unas cuatrocientas variedades (Hewitt 1988, 38). De acuerdo con lo anterior, el contar con un acervo varietal constituyó el inicio del mejoramiento del trigo en México. A partir de 1945 el proceso de selección se llevó a cabo junto con esfuerzos sistemáticos para cruzar las mejores variedades locales y extranjeras y a producir tipos que se adaptaran a las condiciones del país (Ibid., 39).

Ese mismo año, intuido de que el Valle del Yaqui era una de las tierras más prometedoras para el cultivo del trigo, Borlaug realiza la primera visita a la región a fin de explorar las condiciones en las que se llevaba a cabo la actividad agrícola. Al margen de que era una de las regiones agrícolas más adelantadas, el escenario prevaleciente era poco alentador; la variedad de trigo que se sembraba era duro, el Barrigón Yaqui, una variedad obsoleta sin mucho potencial de rendimiento, que incluso no era ni panificable, pero que bajo las condiciones en que se cultiva en esos maños era la variedad que mejor producto suministraba (Valenzuela y Camacho 2013, en Valenzuela 2014). Asimismo, existía un grave problema de roya o “chauixtle” de tallo que atacaba el cultivo; éste, aunado al elemento varietal, constituía una importante limitante en el avance productivo del cultivo y del sector. Nueve meses después de ese viaje de exploración, en noviembre del mismo año, Borlaug regresó para iniciar el programa de investigación durante el cual se gestaron los avances tecnológicos, cuyo impacto desencadenó en la década de los setenta la denominada Revolución Verde.

El sistema de investigación embrionario de este periodo se caracterizó por la ocurrencia de ciertos hitos que marcaron la configuración de la trayectoria tecnológica en éste primer trayecto (véase [figura 7](#)).

A la llegada de Borlaug al Valle del Yaqui, se planteó, además del factor varietal y el bajo rendimiento, elevar la resistencia al “chahuixtle” o roya de tallo. De manera que, usando como lugar de trabajo la vieja estación experimental “El Yaqui”, el primer ensayo puso a prueba las cuatro semillas que resultaron prometedoras del primer ciclo agrícola experimental en el centro de México: Supremo, Frontera, Kenya Roja y Kenya Blanca, las cuales, fueron la primera generación de semillas, que parecía ser capaz de contener la lucha contra la roya por al menos unos años (Vietmeyer 2009). Para finales de 1946, teniendo acumulados dos ciclos experimentales, en Chapingo y uno en Sonora, Borlaug empezó a ver señales de progreso: Frontera, Supremo y las dos Kenyas podrían mantener los rendimientos mientras él trabajaba en una mejor variedad para sustituirlas. Para 1948, a pesar de que Borlaug apenas preparaba su próximo cuarteto de variedades de trigo, las variedades resultantes de sus primeras cruces, en 1945, ya superaban cualquier tipo de trigo cultivado en el Valle del Yaqui y en el resto de México (Ibid., 129). Para el final de 1949, la roya de tallo presentaba signos de fatiga.

Figura 7. Innovaciones tecnológicas precursoras de la Revolución Verde



Nota: la fotografía corresponde a una exposición fotográfica histórica montada en el Día del Agricultor 2014.

Fuente: Valenzuela 2014.

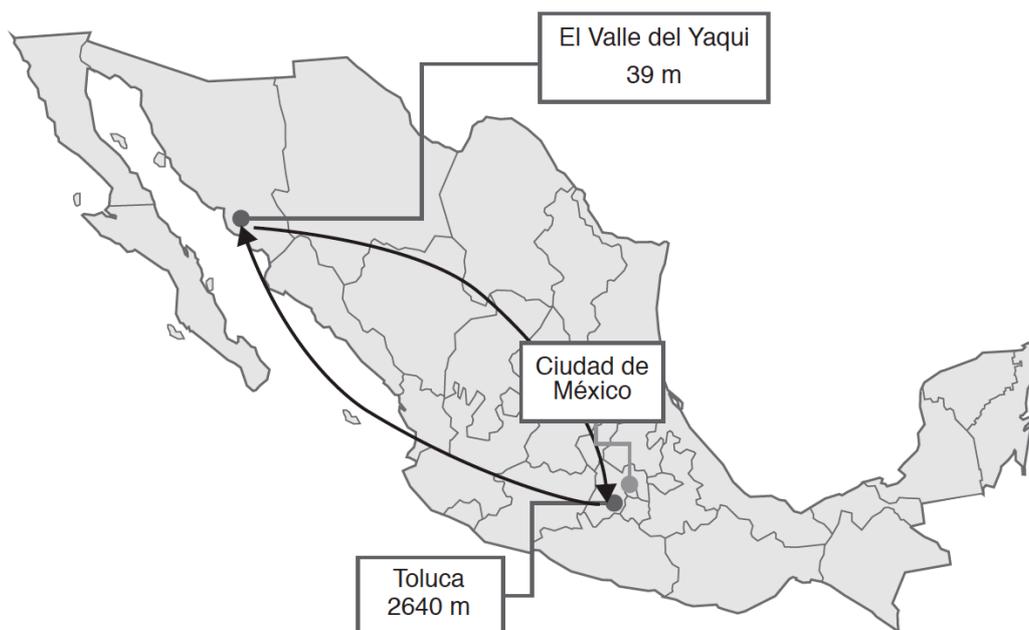
Al mismo tiempo que se buscaba controlar el ataque de la roya, con la obtención de generaciones de semillas mejoradas, las plantas desarrollaron capacidad para responder más eficientemente ante la aplicación de insumos como el agua; y aunque hubiera condiciones favorables para la roya, la resistencia de las plantas al ataque de las razas locales permitió mantener el rendimiento del cultivo.

Para 1949, controlado el problema del “Chauixtle”, Borlaug hace del conocimiento de los agricultores un reciente descubrimiento: la tierra del Valle del Yaqui estaba mal nutrida, lo que significaba que ni la roya ni los genes constituían la limitante al crecimiento de la planta; de acuerdo con ello, para que el material genético expresara todo su potencial de rendimiento era necesario nutrir el suelo con nitrógeno. Con base en esa premisa, Borlaug les indicó a los productores que el fertilizante nitrogenado aplicado en cantidad (40 libras equivalentes a 18 kg.) y tiempo correctos podía generar hasta un 60 por ciento más grano (Vietmeyer 2009, 135). Aún con el promisorio potencial, los agricultores no se mostraron de acuerdo y para 1950 aún permanecían renuentes ante el uso del fertilizante; a pesar de que los ensayos con fertilización de suelo en algunos campos dispersos a lo largo del Valle del Yaqui mostraron buena respuesta. Para 1951, Borlaug descubrió que las plantas tenían un potencial de rendimiento muchísimo más elevado si se doblaba o se triplicaba la cantidad de nitrógeno que él mismo había estado recomendando, lo que significaba un aumento en la dosificación de fertilizante de entre 80 y 120 libras, equivalentes a 36 y 54 kg. Para finales de 1956 y principios de 1957, ocho años después de que Borlaug les notificó la necesidad del uso del fertilizante, los agricultores trigueros del Valle incrementaban cada vez más la cantidad utilizada por hectárea (más de 36 kg.), lo que agravaba el problema de acame que se había estado presentando desde hace años atrás.

Tradicionalmente hasta este punto se había trabajado con una generación al año, por lo que el proceso de cruzamiento era lento. En 1950, como consecuencia del agotamiento de espacio en la estación experimental de Chapingo, en el centro de México, Borlaug traslada su investigación a un nuevo campo experimental en Toluca.

Por tanto, las dos principales estaciones de trabajo eran la de Toluca, ubicada a 2 640 metros sobre el nivel del mar, y la vieja estación experimental en el Valle del Yaqui en Sonora, a solo 39 metros sobre el nivel del mar, las cuales, constituían quizá las estaciones experimentales de trigo de mayor y menor altura, respectivamente, en el mundo. Además de las distintas altitudes, existía una significativa disparidad latitudinal de 1 126 kilómetros (Ibid., 155) (véase [figura 8](#)); esta circunstancia hacía que las variedades vencedoras de cada ciclo agrícola fueran inmediatamente sembradas en la otra estación y expuestas a condiciones extremas, por lo que con el transcurso del tiempo evolucionarían a tal grado de dominar diferentes latitudes, temporadas, tipo de suelo y amenazas de plagas y enfermedades. De esa manera, al trabajar dos ciclos agrícolas al año aceleró el proceso de cruzamiento al comprimir el tiempo a la mitad para la generación de una nueva variedad de trigo. Adicionalmente, en virtud de que la duración del día, las temperaturas, las enfermedades y otras condiciones diferían radicalmente entre los dos sitios, las líneas de trigo que prosperaban en ambos se adaptaban de manera automática a muchas condiciones de cultivo, lo que estaría casi garantizando el poder hacer uso de ellas en cualquier región de mundo.

Figura 8. Siembra continua de trigo: doble ciclo de investigación agrícola



Fuente: Valenzuela 2014. Adaptado de CIMMYT.

Para 1958, a la par que el reto genético se complicaba, Borlaug comprendió que no solo el elemento genético era relevante sino también el agronómico. Al respecto, algunas de las especificaciones de manejo aprendidas fueron: 1) la semilla debía ser sembrada a menor profundidad, pasando de seis pulgadas (15.2 cm) a dos pulgadas (5.1 cm.); 2) la maleza tenía que ser cuidadosamente controlada para evitar dañar la plántula; 3) la semilla debía ser plantada en la fecha correcta; 4) la plántula debía ser también regada en tiempo y forma adecuada debido a que las cortas raíces son propensas a la deshidratación por su cercanía a la superficie; y 5) el fertilizante debía ser suministrado con exactitud a lo largo del ciclo de crecimiento de la planta y en dosificaciones correctas que permitieran a la planta expresar todo su potencial (Vietmeyer 2009, 253).

Para 1951 aún no había sido posible encontrar alguna variedad de trigo que contuviera el gen con la característica deseada para combatir el problema de acame: un tallo más corto (en promedio las plantas crecían a la altura del hombro, lo que intensificaba el fenómeno del acame) (Ibid., 172). La situación anterior tuvo un giro afortunado en 1952: la variedad de trigo Norin 10, sembrada en las parcelas experimentales de Gonjiro Inazuka en una comunidad al norte de Japón, contenían lo que Borlaug tanto buscaba, el gen del enanismo. Las plantas resultantes de esa variedad medían un cuarto de las desarrolladas en México y llegaron a manos del Dr. Borlaug gracias a que Samuel C. Salmon las trajo consigo desde Japón a Estados Unidos. De esta manera, para 1956 Borlaug llevó a cabo en Sonora la segunda ronda de ensayos en su lucha por reducir la altura de la planta de trigo, pero esta vez procedió de diferente manera siguiendo las indicaciones de uno de sus colegas; sin embargo, el progreso obtenido estaría apenas en la primera fase y la obtención de plantas que expresaran el gen del enanismo, fueran resistentes a la roya y además tuvieran la habilidad de crecer sin ser primero refrigeradas, aún estaba a seis años de ensayos.

Para 1957, ante la grave situación del acame, la investigación se empezó a ver más presionada para resolver el problema y se convirtió en el objetivo principal de la agenda de trabajo. El desafío era complicado debido a que las técnicas de cruzamiento de entonces no posibilitaban el poder detectar y aislar el gen responsable de la característica deseada a transferir, lo que significaba que el polen, la única herramienta disponible, no solo transfería los buenos genes de la planta sino también los malos, lo que ocasionaba que el proceso de cruzamiento tuviera que repetirse una y otra vez hasta obtener los resultados buscados. Los

principales obstáculos a vencer eran que las flores masculinas eran estériles en su mayoría; las hojas y los tallos eran susceptibles a enfermedades de la roya; el desgrane ocasionado por la incapacidad de la cabeza de la planta de retener las semillas dificultaba la cosecha; y la mala calidad panificable.

Todo lo anterior no solo era cuestión de genética sino de tiempo; tanto, que los superiores de Borlaug (incluso la comunidad de científicos trigueros alrededor del mundo) suponían que su trabajo era una locura y una pérdida de tiempo, al grado de sugerirle abandonar la investigación en Sonora. Llegado el año de 1959, con cuatro años ya ensayando por lograr tallos cortos y sólidos, los revolucionarios trigos de altura a la rodilla ya no se acamaban ante los efectos del viento, sin embargo, aún eran susceptibles a enfermedades y seguían siendo incapaces de retener las semillas. El esfuerzo tuvo su culminación tres años después, en 1962, cuando en Chapingo, Borlaug se aparece en el laboratorio de Eva Villegas, quién estudiaba la parte referida a la calidad del trigo, portando cuatro bolsas de semillas, que producían plantas de altura a la cintura, eran resistentes a las enfermedades, adaptables a las condiciones de Sonora y Toluca, engendraban varios tallos y varias espigas y cada una de ellas poseía el doble de grano de lo normal, esta vez con una diferencia, el análisis de Eva mostró que “eran en efecto estupendas panificadoras” (Ibid., 66). Dos de las cuatro súper semillas serían Sonora 64 y Lerma Rojo 64, capaces de rendir 5 580 y 6 000 libras por acre respectivamente (6.254 y 6.724 ton./ha.). En los siguientes nueve años (1962-1971) se siguieron perfeccionando las nuevas variedades de tallo corto.

De esa manera, la investigación científica y experimental del Dr. Borlaug y su equipo de colegas proveyeron al mundo trigos revolucionarios: de mediana altura para combatir el problema de acame, resistentes a plagas y enfermedades, de rápida madurez, adaptables a extremas condiciones ambientales, de buena calidad y que rendían tres veces más que nunca. La generación de esas variedades semienanas, marcó un hito en el mejoramiento genético y en el continuo incremento del rendimiento del cultivo en el Valle del Yaqui y en México. Por lo que llegó a representar un rompimiento con el pasado en el desarrollo tecnológico del trigo, es decir, se trataba de un cambio de paradigma (Valenzuela y Camacho 2013 en Valenzuela 2014). Tras once años de constantes aumentos en la producción, la región del Valle del Yaqui, de ser considerada una de las peores tierras de siembra de trigo a nivel mundial, llegó a convertirse en una de las más productivas para 1963.

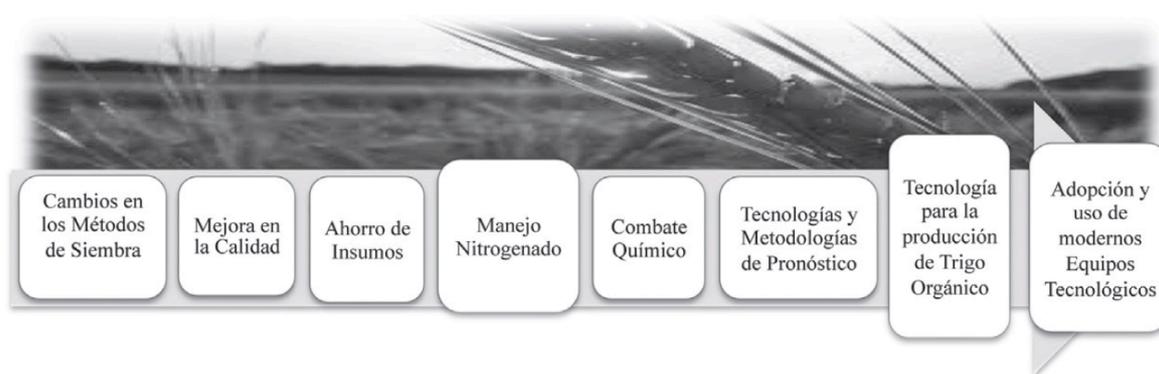
A pesar de que el Dr. Borlaug ya no volvió a trabajar físicamente en el mejoramiento del trigo después de 1970, ante el rápido avance o mutación de plagas y enfermedades fue necesario dar seguimiento a los programas de mejoramiento para mantener la resistencia de las semillas (Ibid.); como el mismo Borlaug lo señaló “La roya es un enemigo astuto, cambiante, en constante evolución” (Vietmeyer 2009, 273), por lo que se hace necesario generar y liberar un nuevo material resistente cuando aparece una nueva raza y la planta se vuelve susceptible a ella, por tanto, el ritmo de liberación depende de la necesidad imperante de tener nuevas variedades. Prueba de lo anterior es que en el periodo de 1960 a 2009 se liberaron en Sonora un total de 76 variedades de trigo (Camacho 2011). Tan solo en el 2010: cinco (INIFAP Fichas tecnológicas trigo 2002-2011, en Valenzuela 2014).

Durante los últimos tres ciclos agrícolas (2011/12, 2012/13 y 2013/14) la variedad de trigo que se mantuvo dominando la región fue CIRNO- 2008, gracias a que entre sus cualidades se encuentra su gran potencial de rendimiento que fluctúa entre las siete y nueve ton./ha. (*El Imparcial* 18 septiembre 2013). En el 2013 se liberaron dos más (de tipo duro) para el ciclo agrícola 2014-2015 (Quetchehueca Oro y Baroyeca Oro) las cuales, cuentan con buen potencial de rendimiento, y aunque no superan a su testigo (Cirno) poseen una mayor calidad y resistencia a roya lineal y amarilla (*El Imparcial* 18 septiembre 2013; *Tribuna* 19 mayo 2014). En el 2014, como parte del programa cooperativo entre CENEB INIFAP y CIMMYT nació una nueva variedad harinera nombrada “Borlaug 100”, en conmemoración a los 100 años del natalicio del Dr. Norman Borlaug; fue dada a conocer a los agricultores durante el festejo del Día del Agricultor (2014), con ella se busca una mejora gradual del rendimiento y la calidad del grano de los cereales blandos y prolongar la resistencia de las semillas a las royas (*Tribuna* 21 abril 2014; *Tribuna* 17 mayo 2014; *Noticias Cajeme* 2014).

La trayectoria de desarrollo descrita en la sección anterior contribuyó a la formación de un sistema de innovación para la región del Valle del Yaqui, que bien puede considerarse como un “Sistema Microsectorial de Innovación Agrícola” donde la investigación ha estado sustentada en un entramado de instituciones surgidas a raíz del éxito de la investigación y experimentación desarrollada por Borlaug hasta los primeros años de la década de los sesenta. Este micro sistema de innovación está fundamentado en la organización, estrecha vinculación y trabajo a la par entre los agricultores representados en la figura del Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora (PIEAES), así como por los científicos y técnicos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), situados físicamente en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), entre otros. Con base en esa premisa, en este apartado a continuación, se caracterizan brevemente algunas de las principales tecnologías generadas, validadas, adoptadas y difundidas por la investigación agrícola en el seno del sistema microsectorial de innovación de la región del Valle del Yaqui y que han cambiado la forma de llevar a cabo la agricultura, la cual, antes de dichas innovaciones era muy rudimentaria.

Será palpable que la dinámica de las innovaciones en este tramo de la trayectoria, concernientes al mejoramiento agronómico, es más lenta que la del componente genético, pues la adopción de nuevas prácticas en el manejo del cultivo no depende solo del avance de la investigación y la experimentación agrícola, sino también en gran medida del grado de convicción sobre el productor agrícola de los beneficios resultantes de la nueva tecnología.

Figura 9. Clasificación de las innovaciones tecnológicas desplegadas en la Post-revolución Verde



Fuente: Valenzuela 2014.

Empezando por los métodos de siembra, se tiene que estos han evolucionado de manera paulatina desde hace cuarenta años: de la siembra tradicional (plano) a camas (surcos) y camas permanentes (Agricultura de Conservación). El concepto del trigo en surcos (camas) cultivados se introduce al CIANO por primera vez durante 1974-1975; sin embargo, fue hasta 1978 que el INIFAP inició la introducción y transferencia de la tecnología a los agricultores en el Valle Yaqui (Aquino-Mercado, Peña y Ortiz-Monasterio 2008). Considerado un método no tradicional, su objetivo principal es dejar espacios que permitan la entrada al terreno de maquinaria, implementos y trabajadores, para realizar cultivos mecánicos (escardas) y deshierbes manuales con facilidad, así como obtener un mejor manejo y aprovechamiento del riego (Ibid.). Los métodos anteriores de siembra (tradicionales) generaban problemas de nacencia,

reducción en el rendimiento, mayor uso de insumos y mayor gasto de agua (Ibid.). En ese sentido, casi el 40 por ciento de la superficie del Valle se siembra de esa manera, mientras que más de la mitad de la superficie está volviendo a ser sembrada con métodos tradicionales, lo que significa que actualmente conviven los nuevos métodos de siembra con los tradicionales.

En 1991, el Dr. Sayre mostró interés en desarrollar nuevas tecnologías de producción en camas (surcos) con base en los principios de la agricultura de conservación (Aquino-Mercado et al. 2008). Las camas son formadas inicialmente durante un último ciclo de labranza; y son reutilizadas para sembrar el próximo cultivo, con sólo reformarlas superficialmente. Las camas permanentes se combinan con distintas opciones de manejo de los residuos de cosecha (Ibid., 30). Debido al interés mostrado por Sayre, en 1992 fue iniciado el primer ensayo de larga duración sobre el sistema de agricultura de conservación en México (Ibid.; CIMMYT 2011) en el Valle del Yaqui, a fin de comparar las prácticas comunes del agricultor (camas cultivadas con labranza convencional) con el sistema de camas permanentes (basado en agricultura de conservación) en la producción de trigo bajo riego. Con base en lo anterior, en la región del Valle del Yaqui, el equipo de agrónomos del INIFAP y del CIMMYT en el CENEB ha enfocado gran parte de sus esfuerzos al desarrollo y difusión de la agricultura de conservación, por lo que los agricultores han comenzado a adoptarla (Fisher, Sayre y Ortiz-Monasterio 2005, en Aquino et al. 2008).

En cuanto a mejora de la calidad, desde el año 2000 se emplea una tecnología para producir trigo de alta proteína. La cantidad de proteína en el grano de trigo se ha visto favorecida por la innovación de aplicar mayor cantidad de nitrógeno en el primer riego de auxilio y no la totalidad de la fertilización nitrogenada al momento de la siembra, lo cual, evita la aparición de la llamada “panza blanca”, característica que es castigada por el mercado al momento de la recepción del grano (Vázquez 2011, 36).

Por parte del ahorro en insumos, en los últimos años se han tenido avances en la disminución de la cantidad de semilla, de agroquímicos y láminas de riego utilizados. La práctica usual en el uso de semilla hace algunas décadas era sembrar de entre 200 a 250 kg/ha., cuya consecuencia lógica era la competencia en el cultivo por los nutrientes, el agua, el aire y la luz del sol (Vázquez 2011). Gracias a la investigación se ha probado que se puede utilizar hasta 30 kg. de semilla por hectárea sin afectar el rendimiento actual del cultivo. Sin embargo, por temor a la disminución del amacollamiento de la planta como resultado de las extremas temperaturas, la cantidad recomendada es de entre 80 y 120 kg. (Ibid.). No obstante lo anterior, según el Dr. Cortés (2013, en Valenzuela 2014) a pesar de que esa recomendación aún sigue vigente en algunos documentos técnicos, lo ideal es hacer un uso de semilla promedio de 160 kg/ha. Asimismo, en la década de los setenta y ochenta, todavía los agricultores del Valle del Yaqui aplicaban hasta seis o siete riegos de auxilio a los sembradíos, lo que causaba que éstos se inundaran y el trigo se pudriera. Con base en esa problemática, se empezó a trabajar para generar materiales que toleraran deficiencias de agua, lo que trajo como resultado que hoy en día las semillas pueden mantener o incrementar su rendimiento con menos láminas de riego de auxilio (Valenzuela y Camacho 2013, en Valenzuela 2014) sin afectar la calidad. En cuanto al uso de agroquímicos, como parte de un manejo integrado de plagas y enfermedades, la estrategia del INIFAP ha incluido la liberación de insectos benéficos en el cultivo del trigo, lo cual, aunado a un monitoreo constante de los requerimientos de la planta, posibilita hacer un uso racional de los agroquímicos en pro de la reducción de los residuos que dañan el ambiente. (Vázquez 2011, 36).

El sensor greenseeker es una tecnología de manejo nitrogenado codesarrollada por el CIMMYT y la Universidad Estatal de Oklahoma en Estados Unidos y empezó a ser validada desde el ciclo O-I 2002-2003 en el Valle del Yaqui. Forma parte de tecnologías calibradas de agricultura de precisión que permiten determinar la dosis óptima de fertilizante para un cultivo. Por tanto, a través de sus sensores infrarrojos ayuda al productor a limitar la aplicación de fertilizantes nitrogenados a los requerimientos del cultivo (Ibid., 34).

En el 2002 fue liberada en el Valle del Yaqui una tecnología para el combate de la roya de la hoja en trigo que consiste en la combinación de prácticas preventivas con variedades tolerantes y el combate químico. Con base en los resultados de la investigación, se seleccionaron los fungicidas más efectivos, las mejores épocas de aplicación, y se cuantificaron las pérdidas esperadas si no se aplica el combate químico. Puede ser

utilizada por cualquier agricultor que padezca el problema, cuando las variedades comerciales pierden resistencia a la roya y las condiciones climáticas favorecen su desarrollo (INIFAP Fichas tecnológicas trigo 2002-2011, en Valenzuela 2014).

Las tecnologías y metodologías de pronósticos posibilitan la construcción de modelos para hacer estimaciones anticipadas referentes a la producción del trigo. Una de ellas son las estaciones agroclimáticas, pues posibilitan desarrollar pronósticos que permiten producir, con un 90 por ciento de probabilidad y con 60 días de anticipación, las estimaciones del rendimiento del cultivo. Proporcionan información sobre diversos parámetros de clima, tales como: temperatura, humedad relativa del ambiente, temperatura del suelo, punto de rocío, radiación solar, precipitación, velocidad, dirección del viento y evapotranspiración potencial. En el Valle del Yaqui la primera estación meteorológica automatizada fue adquirida en el año de 1997, en forma de donativo por parte de la Universidad de Arizona al PIEAES, lo cual se constituye como un antecedente de lo que ahora es la Red Agroclimática del Sur de Sonora. Posteriormente, en mayo del año 2000, los productores del Valle, representados por el PIEAES, la Fundación Produce Sonora y la Comisión Nacional del Agua, compraron nueve estaciones automatizadas, las cuales, iniciaron la Red Agrometeorológica del Valle del Yaqui (Sistema de Información Agroclimática). Dos años después, obtuvieron cinco adicionales y nuevas estaciones para el Valle del Yaqui, y seis para el Valle del Mayo, conformando con ello la Red Agrometeorológica del sur de Sonora. En el 2005, con el inicio del proyecto nacional de estaciones agroclimáticas del INIFAP, las estaciones de la red, incluyendo las del Valle del Yaqui, sufrieron un cambio en su infraestructura al cambiar total y paulatinamente, durante este año, todas sus estaciones Campbell a estaciones con tecnología Adcon (Ibid.).

Por otra parte, en el 2008, el INIFAP liberó una tecnología que consiste en un modelo empírico para predicción del volumen de producción del cultivo de trigo (*Modelo de pronóstico para la cosecha del cultivo de trigo*); el modelo se apoya con información agronómica y meteorológica; con un nivel de precisión mayor a 95 por ciento predice el rendimiento del cultivo de trigo desde la etapa de floración o espigamiento hasta treinta días antes de iniciar la época de cosecha (INIFAP Fichas tecnológicas trigo 2002-2011, en Valenzuela 2014).

Por último, en el 2011 fue liberada una tecnología que consiste en la implementación de una metodología para cuantificar los daños a la producción de trigo causado por heladas; las cuales pueden llegar a devastar cosechas enteras.

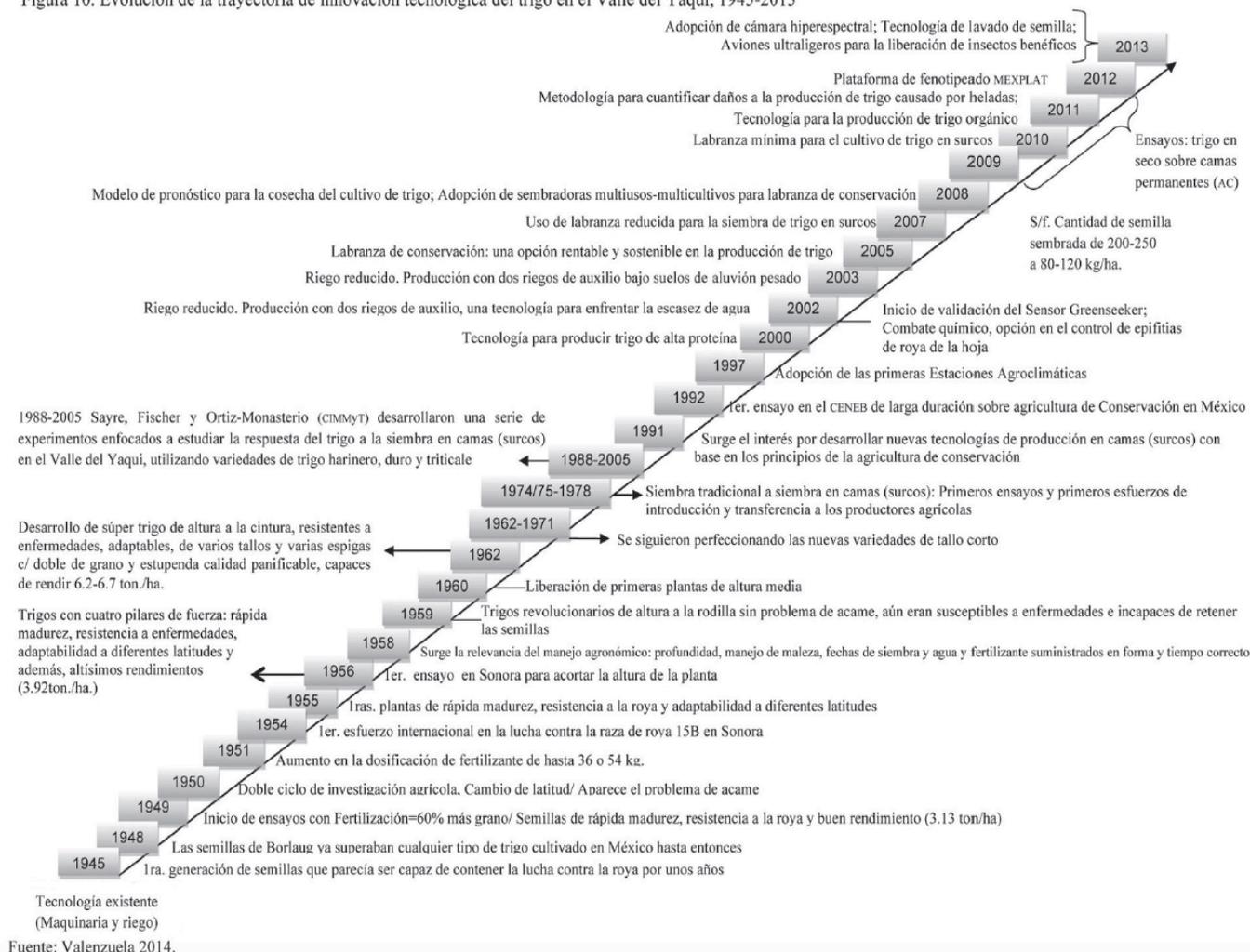
Actualmente, en el Valle del Yaqui se hace uso de tecnología orgánica o ecológica para la producción de trigo. Según Cortés (2013, en Valenzuela 2014) ésta tecnología comenzó a ser validada desde el ciclo agrícola O-I 2009-2010. El método de siembra es muy similar al convencional, pero es diferente en cuanto al manejo en fertilización y control de plagas, pues todo el proceso se lleva sin utilizar compuestos químicos (*Tribuna* 2013). Se implementa control biológico con la liberación de *Crisopa* y de ser necesario se asperjan soluciones jabonosas al 1.5 por ciento (*Inforural* 2011). Además, se emplean algunos hongos para el control de ciertos pulgones (*Tribuna* 2013). Aunque la validación no se hace en el campo experimental del INIFAP, es ahí donde se lleva a cabo el proceso del análisis de suelo y producción de los abonos orgánicos (Ibid.). El costo de producción de la tecnología orgánica es mayor al método de producción convencional, sin embargo, éste se compensa con el precio al que se compra el trigo orgánico, el cual, el año pasado fue de hasta 7 pesos el kilo, es decir, 7 mil pesos por ton. (Ibid.).

Recientemente en el Valle del Yaqui se han adoptado modernas tecnologías que contribuyen al mejoramiento agronómico del cultivo del trigo. Una de ellas es la plataforma de fenotipado (MEXPLAT), establecida en terrenos del CENEB, por lo que es compartida por CIMMYT e INIFAP. Sus científicos desarrollaron instrumentos de medición manuales para realizar la caracterización fenotípica de los trigos, conforme a las variaciones en el aspecto físico de las plantas (SAGARPA 2012). Como parte de esta plataforma, en marzo de 2012 tuvo lugar en el CENEB el lanzamiento del primer dirigible del CIMMYT dentro del proyecto de MásAgro. Éste aerostato, junto con un helicóptero de ocho hélices, conforman la plataforma de fenotipado aéreo; ambos son equipos no tripulados y vuelan a una altura de entre 50 y 70 m. Su tecnología de sensores remotos sirve para, recolectar datos de extensas áreas de cultivo a través de una cámara infrarroja

y multiespectral, actividad que anteriormente se realizaba “a pie”. Al tomar las imágenes se hacen lecturas de temperatura, conductancia estomatal, contenido de agua del follaje, índices de vegetación y de pigmentación, sin maltratar la planta (CIMMYT 2012). En abril del año pasado fueron presentados dos aviones ultraligeros de tecnología francesa que serán utilizados para la liberación de insectos benéficos a fin de reducir el uso de agroquímicos en los cultivos. Asimismo, en mayo del 2013 el CIMMYT adquirió una nueva tecnología hiperspectral basada en una cámara que amplifica la capacidad de teledetección para la investigación, pues mediante el monitoreo de los cultivos permite detectar a buen tiempo el estrés en los cultivos y realizar evaluaciones fisiológicas, así como facilitar la agricultura de conservación, el fitomejoramiento y la detección de enfermedades, entre otras acciones. La cámara hiperspectral se instala junto con una cámara térmica y una multiespectral en un vehículo aéreo no tripulado para permitir a los investigadores obtener simultáneamente imágenes térmicas y multi o hiperspectrales. (CIMMYT 28 de mayo de 2013).

Además de las tecnologías descritas anteriormente, con la nueva tecnología de lavado de semilla, como método de prevención de enfermedades, en el Laboratorio de Sanidad de Semilla del CENEB en el Valle del Yaqui se puede inspeccionar, lavar y tratar 10 000 muestras de semilla al día, en comparación con 2 000 que era el límite anterior. De esa manera se ha incrementado de forma dramática la capacidad de lavar y tratar la semilla de trigo, con la finalidad de reducir el tiempo requerido para enviar germoplasma al campo experimental El Batán (en el centro de México) y asegurar que los ensayos sigan estando libres del carbón parcial, enfermedad presente aún en algunas partes de Sonora. (CIMMYT 18 julio 2013).

Figura 10. Evolución de la trayectoria de innovación tecnológica del trigo en el Valle del Yaqui, 1945-2013



El etapa de gestación y desarrollo de la Revolución Verde (1943/44-1974/75) constituyó un periodo de optimización inicial caracterizada por la generación de innovaciones de carácter radical. Ello, sobre la base de que la innovación tecnológica más palpable fue la derivada del componente genético,<sup>11</sup> el cual, tras constantes años de investigación y ensayos hizo posible el desarrollo de variedades de trigo que posibilitaron un incremento significativo en la productividad del cultivo. De acuerdo con lo anterior, no obstante el sistema de investigación embrionico iniciado por el Dr. Borlaug, en 1945 inició de cero en el Valle del Yaqui, se lograron notables saltos en el rendimiento promedio del trigo, de tal manera que entre los ciclos agrícolas O-I 1943/44 y 1973/74, éste se triplicó al pasar de 1.5 a 4.58 ton/ha, es decir, experimentó un incremento absoluto de 3.08 ton/ha (un incremento promedio anual de 102.6 kg/ha), lo que representa un cambio porcentual del 205 por ciento y una tasa de crecimiento promedio anual de 6.8 por ciento (véase [figura 13](#)).

Por su parte, el periodo de la post-revolución verde (1974/75-2013/14) constituye un fase de evolución caracterizada por la generación de innovaciones de carácter incremental, donde, a diferencia del primer segmento de la trayectoria, la generación de innovaciones orientadas hacia el mejoramiento agronómico del cultivo ha venido tomando mayor relevancia. El carácter incremental de la innovación puede verse reflejado en la productividad del cultivo, que ha tenido un crecimiento paulatino si se le compara con la del periodo anterior. En ese sentido, a lo largo de las últimas cuatro décadas, el rendimiento medio del trigo en el Valle del Yaqui pasó de 4.58 a 7.13 ton/ha., éste último alcanzado en el ciclo O-I 2011/2012. Lo anterior, significa que durante el periodo de la post-revolución verde se ha experimentado un incremento absoluto de 2.55 ton/ha (un incremento promedio anual de 63.8 kg/ha), lo que representa un cambio porcentual del 55.7 por ciento y una tasa de crecimiento promedio anual de 1.4 por ciento (véase [figura 13](#)).

En perspectiva histórica, la aplicación del paquete tecnológico desplegado a lo largo de las últimas siete décadas ha contribuido con el incremento promedio de 80 kg/ha anualmente al rendimiento del trigo en el Valle del Yaqui, ello significa que se ha experimentado un incremento absoluto de 5.6 ton/ha, lo que representa un cambio porcentual del 375 por ciento y una tasa de crecimiento promedio anual de 5.41 por ciento.

Figura 11. Comparación del incremento en el rendimiento medio del trigo del Valle del Yaqui por periodos

Periodo	Rendimiento medio					
	Inicial	Final	Incremento absoluto (ton./ha.)	Cambio absoluto (%)	Crecimiento promedio anual (%)	Incremento promedio anual (kg./ha.)
1) RV: 1944-1974	1.50	4.58	3.08	205.3	6.8	102.7
2) Post-RV: 1974-2014	4.58	7.13	2.55	55.7	1.4	63.8
1 + 2: 1944-2014	1.50	7.13	5.63	375.4	5.4	80.4

Nota: 1944= ciclo O-I 1943-1944; 2014= ciclo O-I 2013-2014, etc.

Fuente: Valenzuela 2014.

<sup>11</sup> La trayectoria tecnológica del trigo en el Valle del Yaqui consta de dos componentes, el genético y el agronómico. El componente genético asociado al cultivo del trigo puede ser descrito como el proceso de mejora genética llevado a cabo por medio de un proceso de cruzamiento, o hibridación sexual, entre dos variedades distintas de trigo con la finalidad de transferirle características nuevas y deseables a una nueva variedad. Por su parte, el componente agronómico, corresponde a la parte del manejo del cultivo a través de distintas especificaciones, tales como fechas, métodos y densidades de siembra, métodos de labranza, calendario de riegos, fertilización y control fitosanitario, que hacen posible que el material genético de la planta exprese todo su potencial de rendimiento, además de buscar mejorar la calidad del producto y la rentabilidad del agricultor.

De acuerdo con los datos anteriores y la figura 15, se puede decir que la trayectoria del rendimiento medio del trigo en la región ha venido manteniendo una tendencia positiva a lo largo de las últimas siete décadas. Es notable que primero hubo un periodo de adaptación y ejecución de la Revolución Verde, y después aparentemente un periodo de estancamiento donde se dieron innovaciones incrementales que han venido elevando el rendimiento de una manera más paulatina.

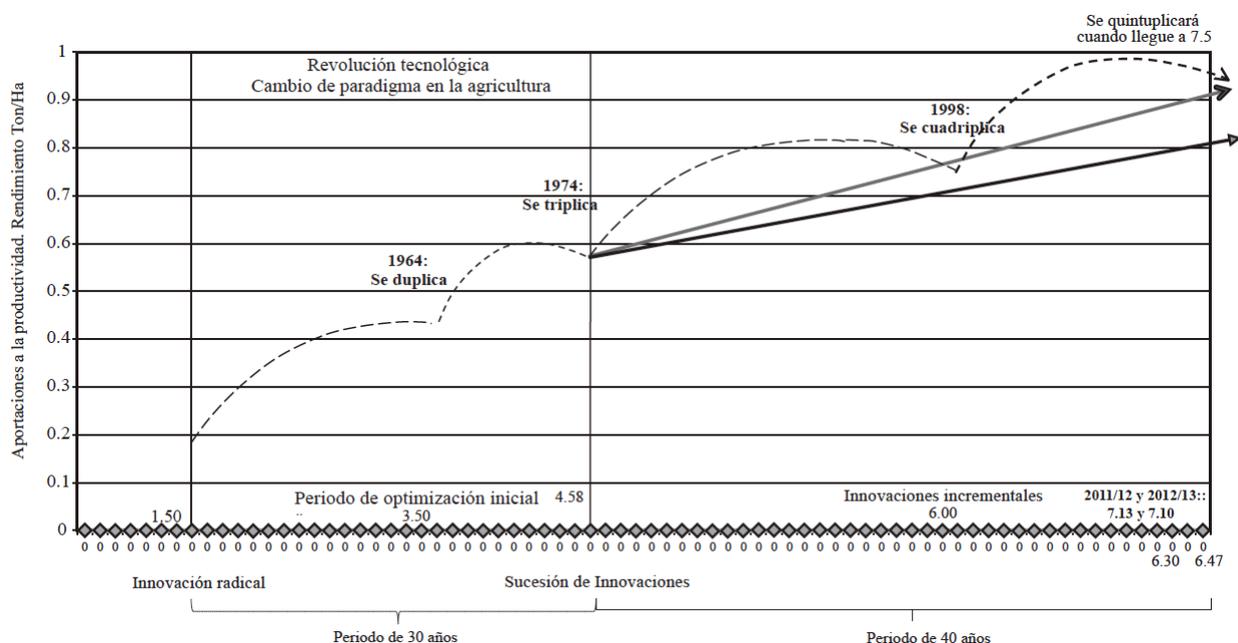
Figura 12. Cambios en el rendimiento medio del trigo en el Valle del Yaqui, 1944-2014

Año	Rendimiento alcanzado (ton/ha.)	Multiplicación del rendimiento inicial	Horizonte temporal	Acumulado
1944	1.50	---	---	---
1964	3.50	Se duplica	20 años	20 años
1974	4.58	Se triplica	10 años	30 años
1998	6.00	Se cuadruplica	24 años	54 años
2014	6.47	---	---	70 años
? año	7.50	Se quintuplicará	? años	? años

Nota: 1944= ciclo O-I 1943-1944 ;2014= ciclo O-I 2013-2014, etc.

Fuente: Valenzuela 2014.

Figura 13. Trayectoria tecnológica. Evolución del rendimiento medio del trigo en el Valle del Yaqui (ton/ha.), 1935-2014



Nota: 1944= ciclo O-I 1943-1944; 2014= ciclo O-I 2013-2014, etc.

Fuente: Valenzuela 2014 con datos de los Informes estadísticos anuales de la s.r.h. y de la s.a.r.h. en Margulis y Gibert 1978; SARH, representación Sonora, Plan de Desarrollo Agropecuario y Forestal 1982-88, en Ramírez, Conde y León 1997; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP); Puente González 2001; Otero 2004; Vietmeyer 2009; Hewitt de Alcántara 1988; Sayre et al. 2006, en Camacho 2011.

En ese sentido, tomando como referencia un rendimiento inicial en 1944 de 1.5 ton/ha., se podría decir que para el periodo de la post-revolución se obtengan resultados de la misma magnitud que se dieron durante el periodo de la revolución (es decir, un incremento promedio de 3 ton/ha.), el rendimiento medio deberá llegar a las 7.5 ton/ha. Lo que significa que el progreso productivo que en aquél entonces se alcanzó en un periodo de treinta años, en los cuarenta años que van de la post-revolución verde, aún no se ha podido igualar.

## CONCLUSIONES GENERALES

El desenvolvimiento de la agricultura del sur de Sonora, en especial la del Valle del Yaqui, ha sido afectada por un proceso de “Dependencia de la trayectoria” (*path dependent development*) que fue muy exitoso en el pasado. El avance tecnológico iniciado en la década de los cuarenta y que derivó en el desarrollo de la denominada Revolución Verde, sirvió de parte aguas para los procesos de innovación aplicados al sector hasta hoy en día. Desde entonces la investigación y experimentación agrícola, en torno al cultivo del trigo en la región, se ha caracterizado por ser emprendedora e innovadora en el mejoramiento y uso continuo de variedades, así como de las técnicas agronómicas empleadas.

En ese sentido, en este ensayo el concepto de trayectorias tecnológicas asociado al cultivo del trigo en la región del Valle del Yaqui otorga un papel relevante a la historia del sector, pues se fundamenta en un reconocimiento de los cambios ocurridos desde el inicio de la Revolución Verde; los cuales, han estado asociados a diferentes modalidades de innovación tecnológica.

La tecnología que caracterizaba a la actividad agrícola en el periodo de la RV era simple y tradicional, a medida que se fueron gestando los avances en la investigación, ésta ha venido evolucionando a formas más complejas y modernas.

Al respecto, la competitividad de la investigación agrícola moderna es mucho mayor si se le compara con la del periodo de la Revolución Verde, sin embargo, ésta no ha sido capaz de incrementar el rendimiento en la misma magnitud desde entonces. Pues mientras durante el periodo de la RV se forjaron innovaciones de carácter radical, a partir de entonces éstas se han caracterizado por darse de forma paulatina e incremental. Por lo que de una revolución con resultados prominentes se ha pasado a una etapa de evolución. Esto no quiere decir que la investigación se haya detenido pues en los últimos años nuevas variedades de trigo, nuevas especificaciones en el manejo y el uso de modernas tecnologías, han elevado el rendimiento aunque a un ritmo más lento que en el pasado. Pese a que los científicos siguen experimentando en esa línea de investigación (mejoramiento genético y agronómico), recientemente los estudios se están reorientando al abatimiento de los costos económicos y ambientales de producción. En este sentido destaca, la aplicación más responsable y racional de los insumos, tales como el agua y los fertilizantes.

Por tanto, la trayectoria tecnológica del trigo en el Valle del Yaqui no puede tipificarse de otra manera como de cambio y continuidad del sendero de innovaciones, abierto desde la Revolución Verde.

## BIBLIOGRAFÍA

Agrosíntesis. S/f. Carbón parcial del trigo *Tilletia indica* (Mitra). <http://www.agrosintesis.com/component/content/article/49-front-page/222-carbon-parcial-del-trigo-tilletia-indica-mitra> (octubre de 2013).

Aquino-Mercado, Pedro Roberto J. Peña e Iván Ortiz-Monasterio. 2008. México y el CIMMYT. <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/657/90966.pdf> (octubre de 2013).

- Araujo, Luis y Debbie Harrison. S/f. *Technological trajectories and path dependence*. Universidad de Lancaster.
- Bathelt, Harald y Jeff Boggs. 2005. Continuities, ruptures, and re-bundling of regional development paths: Leipzig's Metamorphosis. En *Rethinking regional innovation and change: path dependency or regional breakthrough*. Nueva York: Springer Science.
- Borlaug, Norman E. 1970. Lectura del premio Nobel de la Paz 1970, 'The Green Revolution, Peace, and Humanity'. 11 de diciembre. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/peace/laureates/1970/borlaug-lecture.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/1970/borlaug-lecture.html) (junio de 2013).
- Borlaug, Norman E. 2000. The green revolution revisited and the road ahead. Norman E. Borlaug 1970 Nobel Peace Prize Laureate. Especial 30 Aniversario, El Instituto Nobel de Noruega, Oslo, 08 de septiembre.
- Bracamonte Sierra, Alvaro y Rosana Méndez Barrón. 2011. *Subvenciones, reconversión e innovación productiva en la agricultura. El caso del trigo en Sonora*. El Colegio de Sonora.
- Bramuglia, Cristina. 2000. La tecnología y la teoría económica de la innovación. Documentos de trabajo núm. 15. Universidad de Buenos Aires Argentina.
- Camacho, Miguel. 2011. Mejoramiento del trigo en el Noroeste de México. Campo Experimental Norman E. Borlaug. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Ciudad Obregón Sonora.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2011. Detrás de cada éxito hay un gran equipo. El equipo del programa de agricultura de conservación en la estación del CENEB, Cd. Obregón, Sonora. *EnLACe Enlazando al sector agrícola con la agricultura de conservación II* (4): 51-52.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2013. Mantienen a raya el carbón parcial. 18 de Julio.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2013. Volando alto y con cámara hiperespectral. <http://blogesp.cimmyt.org/?p=5561> (mayo de 2013).
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2012. Un dirigible surca el cielo de Ciudad Obregón. 23 de marzo.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). S/f. ¿Qué es la Agricultura de Conservación? <http://conservacion.cimmyt.org/index.php/es/ique-es-ac> (Octubre de 2013).
- Cimoli, Mario y Marina de Ila Giusta. 1998. The nature of technological change and its main implications on national and local systems of innovation. International Institute for Applied Systems Analysis.
- Contreras, Óscar F. y Jorge Carrillo. 2011. Las empresas multinacionales como vehículos para el aprendizaje y la innovación en empresas locales. En *Sonora y la innovación. Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo económico*, coordinado por Alvaro Bracamonte y Óscar Contreras. Hermosillo.

- Contreras, Óscar y José Guadalupe Rodríguez. 2003. Sonora en el siglo XXI: La reorganización del modelo económico. En *Estructura económica y demanda de educación superior en el noroeste de México*, coordinado por Benjamín Burgos, Alejandro Mungaray y Juan Manuel Ocegueda. México: ANUIES y Ed. Porrúa.
- Cruz A., Bethuel. 1997. Trayectoria tecnológica de catalizadores en el Imp. Un Análisis de patentes. Tesis de maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, Universidad Autónoma Metropolitana.
- Del Valle, María del Carmen, Marina Chávez Hoyos y José Luis Solleiro. 1996. La innovación tecnológica en la agricultura y el desarrollo económico de México. En *El cambio tecnológico en la agricultura y las agroindustrias en México*.
- Dosi, Giovanni. 1982. Technological paradigms and technological trajectories. A suggest interpretation of the determinants and directions technical change. *Research Policy* 11 (3): 147-162.
- El Imparcial*. 2013. Libera el INIFAP dos nuevas variedades de trigo. 18 de Septiembre.
- Expreso*. 2010. Alertan por panza blanca en trigo. 23 de septiembre.
- Expreso*. 2013. Desarrollan investigadores nuevas variedades de trigo. 12 de mayo.
- Hewitt de Alcántara, Cynthia. 1988. *La modernización de la agricultura mexicana, 1940-1970*. 6ta. Ed., México: Siglo XXI editores.
- Inforural*. 2011. Valida Inifap trigo orgánico. 18 de abril.
- Labrada, R y C. Parker. 1996. El control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. FAO Plant Production and Protection Papers. <http://www.fao.org/docrep/T1147S/T1147S00.htm> (mayo de 2013).
- Morero, Hernán. 2007. El evolucionismo: una presentación de su temática, metodología y objetivos. Contribuciones a la economía.
- Nelson, Richard R. y Sidney G. Winter. 1982. *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press.
- Noticias Cajeme*. 2014. Está en trámite nombramiento de “Borlaug 100” a semilla de trigo harinera. 10 de abril.
- Obsonwordpress. El Valle del Yaqui, Reseña de su Historia. <https://obson.wordpress.com/2012/02/11/el-valle-del-yaqui-resena-de-su-historia/#more-6978> (mayo de 2014).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). S/f. La roya del trigo: una amenaza constante pero desatendida. <http://www.fao.org/news/story/es/item/177898/icode> (mayo de 2014).
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). 2011. Análisis del Extensionismo Agrícola en México.
- Pérez, Carlota. 2001. Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Revista de la CEPAL* (75): 115-136.

- Pérez, Carlota. 2009. Technological revolutions and techno-economic paradigms. toc/tut Working Paper No. 20. Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics, The Other Canon Foundation. Norway and Tallinn University of Technology, Tallinn.
- Rosenberg, Nathan. 1994. Exploring the Black Box: Technology, Economics, and History. Cambridge University Press.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2012. Memoria documental del programa “Modernización sustentable de la agricultura tradicional” 2010-2012. <http://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/PNRCTCC/PNRCTCC%202012/Memoria%20MasAgro%202010-2012%20PDF.pdf>
- Sistema de Información Agroclimática. Antecedentes. <http://pieaes.dyndns.org/informacion.php?clave=&region=&inf=AN> (marzo de 2014)
- Tribuna*. 2013. Siembran trigo ecológico. 21 de octubre.
- Tribuna*. 2014. Nace Borlaug 100. 21 de abril
- Tribuna*. 2014. Realizan evaluación en trigo investigadores del INIFAP. 19 de mayo.
- Tribuna*. 2014. Rinde Borlaug 100 arriba de 7 toneladas. 17 de mayo.
- Universidad Autónoma de Nuevo León UANL. S/f. El acame, encamado o acamado. [http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020058686/1020058686\\_008.pdf](http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020058686/1020058686_008.pdf)
- Valenzuela, Gastélum Iris. 2014. Trayectorias tecnológicas en la agricultura sonorenses: el caso del trigo en el Valle del Yaqui. Tesis de Maestría en Ciencias Sociales, El Colegio de Sonora.
- Vara, Óscar, Jorge Turmo y Ángel Rodríguez. S/f. Las raíces intelectuales de la economía evolutiva, 177-186. <http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/3573/1/RHE-2005-XXIII-Notas.pdf> (agosto de 2012).
- Vázquez, Villanueva Nora. 2011. Programa elaboración de casos de éxito de innovación en el sector agroalimentario ICCA-PROFUCO 2010. Unión de Sociedades de Producción Rural del Sur de Sonora.
- Vietmeyer. 2009. *Borlaug. Volume 2. Wheat Whisperer 1944-1959*. Bracing Books, Lorton, Virginia.
- Vietmeyer. 2009a. *Borlaug. Volume 3. Bread winner 1960-1969*. Bracing Books, Lorton, Virginia.
- Zabala, Jon Mikel. 2004. Análisis y medición de las interacciones en los Sistemas Regionales de Innovación. Su relación con la trayectoria histórica y tecnológica de las regiones. España: Universidad Politécnica de Valencia.

# INTERMEDIARIOS DE INNOVACIÓN EN EL SISTEMA TRIGO DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA<sup>1</sup>

María Cristina Garza Lagler<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es común hablar de una transformación en los mercados. Esto incluye a aquellos asociados con el sector primario, en donde se presenta una transición de producir *commodities* a generar productos diferenciados (Klerkx y Leeuwis 2008) para mercados con un creciente número de exigencias (Robles y Garza 2010). Esto se ve reflejado, según Smits (2002) en cambios en el contenido, la organización y la institucionalización de la infraestructura del conocimiento agrícola, particularmente en la relación entre los usuarios y generadores de conocimiento.

Desde los enfoques sistémicos, y debido a los cambios estructurales referidos anteriormente, emerge la figura del intermediario de innovación, con el objetivo de ayudar a los agroempresarios a enfrentar sus retos, tales como la articulación de sus necesidades de innovación, contratación de servicios de apoyo y su exitosa ejecución (Klerkx y Leeuwis 2008).

En México, el conocimiento en materia agrícola se genera principalmente en las universidades y centros públicos de investigación y desarrollo (I+D) las cuales, cuentan con una capacidad científica y tecnológica vulnerable a cambios institucionales, al tiempo que enfrentan un limitado número de empresas que se caracterizan por invertir y demandar en actividades de I+D (Pérez 2011). El objetivo de este trabajo es caracterizar las funciones del intermediario de innovación que actúa como puente entre la oferta y la demanda de conocimiento agrícola en el sistema trigo del Valle del Yaqui, región reconocida por sus niveles elevados de producción y por la constante interacción del sector agrícola con centros de investigación de alto nivel nacional como es el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), e internacionales como el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), mediante la participación del Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora (PIEAES) como organismo intermedio en el proceso de innovación.

El documento se divide en cinco secciones. En la primera se exponen los conceptos teóricos de la investigación en torno a la intermediación de la innovación. Posteriormente, se describe la importancia de la producción de trigo en la región de estudio y la participación del PIEAES. En la tercera sección se presenta el proceso metodológico y, posteriormente, la discusión de resultados en el apartado cinco. Hacia el final, en las conclusiones, se destacan los principales hallazgos y limitantes de la investigación.

---

<sup>1</sup> La información empleada para la construcción del presente artículo, fue obtenida de manera paralela a la construcción de datos para el proyecto de tesis de doctorado de la autora, dirigida por la Doctora Cristina Taddei B, del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.

<sup>2</sup> Maestra en Economía y Gestión de la Innovación de la Universidad Autónoma Metropolitana. Candidata a Doctora, Programa de Doctorado en Ciencias del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Contacto: [mcristina.garza@gmail.com](mailto:mcristina.garza@gmail.com)

*Origen teórico del intermediario de innovación*

Para Smits (2002) la innovación es un proceso complejo e interactivo en el que hay una gran cantidad de co-evoluciones de los sistemas científicos, tecnológicos y sociales, y requiere de esfuerzos para crear vínculos entre el software, el hardware y el orgware, evidentes mediante una visión sistémica. Sin embargo, lograr la efectividad de este proceso puede ser complejo, debido a la existencia de diversas deficiencias clasificadas por Klerkx y Leeuwis (2009) como vacíos cognitivos, de información, de gestión y sistémicas. Con el fin de reducir estas brechas y la probabilidad de fallas en el sistema de innovación, emerge la figura de intermediarios sistémicos que conectan los distintos componentes pertenecientes a los sistemas internacionales, nacionales, sectoriales y/o regionales de innovación.

Ya en el siglo XVI, se presentaba la figura de intermediario en las industrias del algodón y textil en donde ejercía actividades comerciales, de diseminadores de conocimiento sobre las mejoras técnicas en agricultura, elaboración de telas, recolección, etc. (Howells 2006). El papel intermediario de innovación en el sistema agrícola, tradicionalmente se atribuye al extensionismo, que en un principio tenía como objetivo actuar como puente entre la ciencia y la práctica agrícola (Yang, Klerkx y Leeuwis 2014). En los años setenta, en Estados Unidos y el Reino Unido, proliferan estos actores como parte de algún sector, y décadas más tarde, instituciones sin fines de lucro se adhieren a los mismos (Pérez 2011). En cuanto a su conformación como organismo, Baxter y Tyler (2007) encuentran que en Estados Unidos provienen de diversos sectores, y predominan entonces, las organizaciones privadas, mientras que en el Reino Unido, provienen de un solo sector y son mayormente organizaciones públicas.

Sin embargo, hacia finales del siglo XX, la complejidad que reviste los mercados agrícolas hace necesario un cambio de rol en aquellos actores indispensables en el proceso de innovación agrícola, tanto los que ofrecen conocimiento como los que lo demandan. Es decir, agroempresarios, investigadores, consultores, tomadores de decisiones, industriales, vendedores y consumidores. Según Klerkx y Leeuwis (2008), dichos actores forman redes que posibilitan los procesos de aprendizaje y negociación que dan lugar a la innovación.

Siguiendo a esos autores, son dos los factores que impulsan el cambio en el sistema agrícola: transformaciones estructurales en los mercados agrícolas y privatización de la infraestructura de conocimiento agrícola. Al respecto, diversos autores abordan la transición de algunos cultivos de una producción masificada, cuyos requerimientos tecnológicos y de conocimiento tenían un carácter homogéneo, a una de productos, procesos y organización diversificada y flexible en constante actualización y contacto con su demanda, para anticipar las exigencias de sus consumidores (Smits 2002; Klerkx y Leeuwis 2008; Robles y Garza 2010). Por otro lado, el conocimiento agrícola tiende a ser un bien público, sin embargo, la aceleración de la velocidad de cambio en los mercados y la complejidad para el desarrollo de proyectos de investigación del sector público, propician la búsqueda de otras fuentes de información y conocimiento agrícola tales como las provenientes del sector privado.

En relación con lo anterior, Klerkx y Leeuwis destacan los retos que enfrentan los demandantes y oferentes de conocimiento: mientras los primeros se ven forzados a estar más enfocados al mercado, los segundos, tanto los del sector público como del privado, deben responder a las exigencias de conocimiento heterogéneo, es decir, no solo responder con asesoría técnica, sino además con servicios de asistencia empresarial y gestión financiera y de negocios (Leeuwis y Van den Ban 2004; en Klerkx y Leeuwis 2008).

*Definición de intermediario de innovación*

Los teóricos de la innovación, recurren constantemente a la definición de Howells (2006, 720) sobre intermediarios de innovación: organización u organismo que actúa como agente o bróker en cualquier

aspecto del proceso de innovación entre dos o más partes. Tales actividades de intermediación incluyen: proporcionar información sobre posibles colaboradores; vincular una transacción entre los participantes; actuar como mediador o intermediario entre organismos u organizaciones que ya están colaborando y ayudar a encontrar asesoría, financiamiento, así como apoyo a los resultados de la innovación de este tipo de colaboración. Los intermediarios de innovación no son empresas, ni gobiernos, ni universidades, ni centros de investigación, aunque colaboran con ellos para efectuar las actividades de innovación (Pérez 2011).

Estos actores, además de intermediarios, reciben diversas denominaciones tales como terceros, organizaciones puente, intermediarios de transferencia de tecnología, organizaciones de frontera, etcétera (Klerkx y Leeuwis 2009), acorde a las funciones y el contexto en el que emergen. Sin embargo, según Szogs, Cummings y Chaminada (2009), su objetivo principal es el mismo: ayudar a solventar fallos, problemas, debilidades o necesidades del sistema. De esta forma, una vez logrado el objetivo, tanto la oferta como la demanda de conocimiento obtendrá ciertas ventajas (Klerkx y Leeuwis 2008): los demandantes de conocimiento tendrán, derivado de los servicios de innovación, una idea clara de la inversión que deben hacer, mientras que los oferentes de innovación se verán beneficiados al interactuar con el sector productivo, lo que para los centros de I+D representa tanto un aprovechamiento del tiempo dedicado a sus investigaciones como un acercamiento con la realidad. Además, los intermediarios de innovación representan ventajas para el sistema, tales como motivación de las personas a innovar y catalizar innovaciones sincronizando las ideas y expectativas de diversos actores.

#### *Funciones del intermediario de innovación*

Como se mencionó anteriormente, los intermediarios se caracterizan por realizar actividades dentro del sistema de innovación que permitan establecer un puente entre los investigadores y los sectores productivos. Para cumplir ese rol vinculante, ejecutan funciones como las que enlista Howells (2006, 720) en la [figura 1](#).

Por su parte, Yang et al. (2014) enfatizan la importancia de fomentar la innovación más allá del conocimiento y los intermediarios bajo la perspectiva de los sistemas. Para ello, los brókers deben adoptar funciones más amplias que les permitan reunir a todos los actores, recursos y condiciones necesarias. Por ejemplo, deberán tener una visión sobre la construcción, alcance y naturaleza de la innovación, contemplando las nuevas tecnologías, acuerdos de mercado, modelos de cadena de valor, etcétera. lo que implica tener la capacidad de identificar oportunidades, limitaciones y expectativas de acoplamiento entre los actores. Además, será necesaria la creación y gestión de redes con actores de diferentes ámbitos y facilitar la participación en los procesos de aprendizaje.

Figura 1. Funciones de los intermediarios de innovación

1. Prospección, mapeo tecnológico y diagnóstico
2. Escaneo y procesamiento de la información
3. Combinación/recombinación y procesamiento del conocimiento de dos o más partes
4. <i>Gatekeeping</i> e intermediación
5. Prueba y validación
6. Acreditación
7. Validación y regulación
8. Propiedad intelectual: protección de resultados de colaboración
9. Comercialización: explotación de los resultados
10. Evaluación y validación de resultados

Fuente: Howells 2006.

Kilelu, Klerkx y Leeuwis (2011, 2013) enlistan las funciones que el intermediario de innovación agrícola debe cumplir:

- Articulación de la demanda. Con esta acción, podrán identificar los retos de la innovación y preverlos a través del diagnóstico y evaluación de necesidades. Para ello, requieren acceso a información, tecnologías y financiamiento.
- Soporte institucional. Este les permitirá afrontar los cambios institucionales.
- Redes de intermediación. A través de ellas, se identificarán y vincularán a diferentes actores.
- Construcción de capacidades. Estas darán pie al fortalecimiento e incubación de nuevas formas de organización.
- Gestión del proceso de innovación. Esta función implica coordinar la interacción de los actores, así como facilitar la negociación y aprendizaje entre ellos.
- Intermediación del conocimiento. Para ello, es necesario identificar las necesidades de conocimiento/innovación y movilizar y difundir el conocimiento y la tecnología de diversas fuentes.

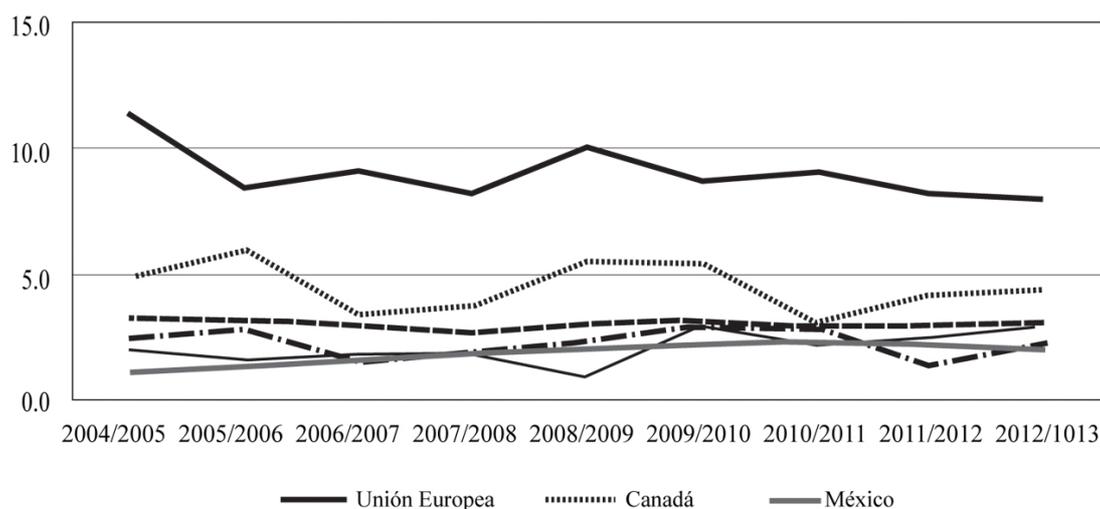
Como puede observarse, la taxonomía de funciones de Howells (2006) responde más a un proceso industrial, mientras que para Yang et al. (2014) se encaminan hacia las relaciones y la organización del sistema. Para el caso de los intermediarios de innovación agrícola, se observan elementos que prevalecen tanto en la perspectiva de Howells como la del grupo de Yang.

En el caso de países en desarrollo como México, en donde los sistemas presentan vacíos cognitivos, de información, de gestión y/o sistémicos, la participación de intermediarios de innovación es clave. Szogs (2008) resalta que las funciones de este organismo, compensan las debilidades del sistema y facilita la formación de los mismos ya que sin ellas, la posibilidad de colaboración entre los componentes sistémicos, es poco probable.

#### CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA TRIGO DEL VALLE DEL YAQUI: AGRICULTURA, COMERCIO Y TECNOLOGÍA

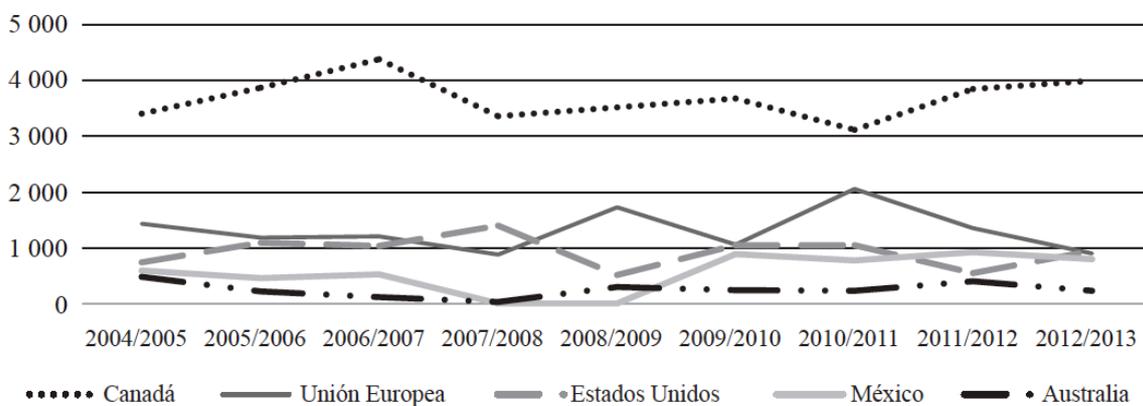
México se ubica entre los seis primeros lugares en la producción de trigo cristalino y compite muy de cerca con Estados Unidos y Argelia (véase [figura 2](#)). El principal país exportador es Canadá, seguido de Estados Unidos. México participa en el mercado mundial con un nivel de exportación de este grano en constante crecimiento, lo que aunado a las fluctuaciones de producción de otros países, lo posiciona desde el ciclo 2012-2013 como el tercer país en importancia (véase [figura 3](#)). El principal destino de esta producción mexicana es Latinoamérica, principalmente Venezuela, así como algunos países del norte de África.

Figura 2. Evolución de la producción mundial de trigo cristalino.  
Principales países (millones de toneladas)



Fuente: FranceAgriMer 2013.

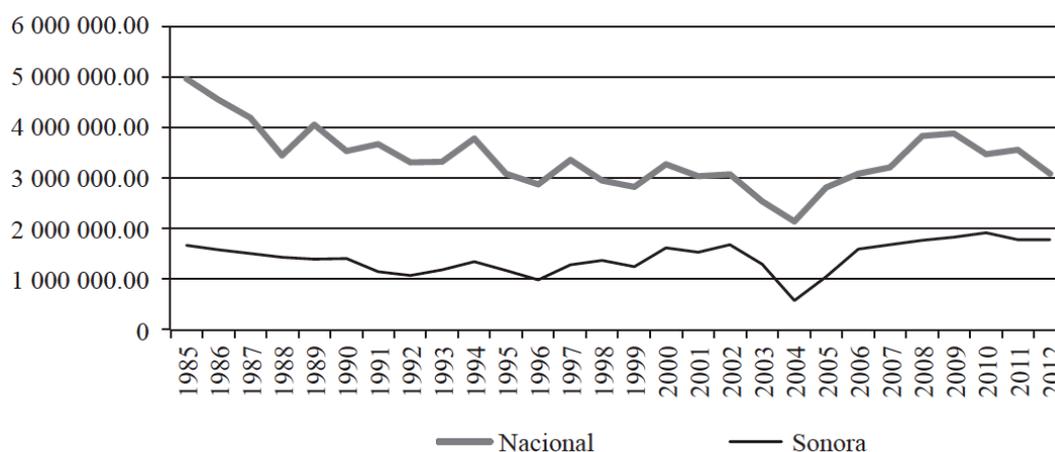
Figura 3. Evolución de las exportaciones mundiales de trigo cristalino  
Principales países / miles de toneladas



Fuente: FranceAgriMer 2013.

A nivel país, la producción es autosuficiente, es decir, no se registran importaciones de trigo cristalino y los principales estados que participan en este mercado son Guanajuato, Baja California y Sonora. En este último, la producción (véase [figura 4](#)) equivale a cerca del 66 por ciento en los últimos años, y es creciente debido a que el resto de los estados disminuyen sus niveles de producción por diversos factores, relacionados con la rentabilidad, el cambio climático, entre otros. En cuanto a la demanda interna, este grano es mayormente consumido por la industria procesadora de pastas y galletas, y en menor medida, por la porcícola de alimentos balanceados.

Figura 4. Producción de trigo cristalino en México



Fuente: Aserca.

El estado de Sonora, principalmente el Valle del Yaqui, mantiene sus niveles de producción e inclusive incrementan sensiblemente en la última década no solo por los incentivos públicos (Bracamonte y Méndez 2011) sino además por los elevados rendimientos que otorgan las variedades desarrolladas en la región, que proporcionan hasta siete toneladas por hectárea. Sin embargo, la rentabilidad del grano en el mercado no está determinada exclusivamente por la relación volumen-hectárea sino por la calidad del grano. Dado que los rendimientos y el porcentaje de proteína tienen una relación inversa, revertir o frenar esta condición es, además de la constante protección contra plagas y enfermedades, labor de los centros de investigación

En algunos estudios se explica que el desarrollo histórico del Valle del Yaqui es debido a dos factores: inversión en infraestructura (principalmente en materia hidráulica como la construcción de presas) y el impulso científico tecnológico agrícola que tuvo lugar a partir de la década de los treinta por mandato gubernamental y con apoyo del gobierno de Estados Unidos en Sonora (Hewitt 1978; Cotter 1994; Ortoll 2003; Almanza 2008) con el establecimiento del campo experimental “El Yaqui”. Para 1943, se inaugura la Oficina de Estudios Especiales (OEE) con el objetivo de propiciar el incremento en la producción de bienes alimenticios a través de proyectos enfocados a resolver problemas relacionados con la adaptación de semillas a suelos locales. Dicha Oficina, hacia el año 1947, trabajaba junto con el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) y con apoyos de la Fundación Rockefeller (Ortoll 2003).

Para 1955, por iniciativa y con el apoyo de los productores del Valle del Yaqui, se adquieren terrenos donde para el año 2010 se establece el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) y se establece el INIFAP cuya trayectoria de éxito en investigación en el Valle del Yaqui se acompaña con la instauración del CIMMYT, en 1964, y la creación del PIEAES en el mismo año. Este último surge de la intención de los productores agrícolas sonorenses de organizarse con el fin de integrar un mecanismo de apoyo permanente y sistemático a la investigación agrícola.

El PIEAES como organización parte de una Asamblea de Asociados integrada por 40 asociaciones de productores y agricultores pequeños, colonos y ejidatarios del Estado de Sonora, quienes son coordinados por un Consejo Administrativo que integra una representación estatal (SAGARPA) y otra de investigación (INIFAP). Sus acciones son implementadas a través de tres Comités Técnicos ubicados en puntos estratégicos para el desarrollo agrícola en el territorio estatal: al norte en Caborca, al centro en Hermosillo y al sur en el Valle del Yaqui. La toma de decisiones de este organismo tiene su centro en el Valle del Yaqui, cuyas oficinas se ubican en el CENEB, junto con el INIFAP y el CIMMYT. A partir de la década de los ochenta constituyen un laboratorio, el cual, en la actualidad, provee en la región del Valle del Yaqui principalmente, diagnósticos fitosanitarios.

La principal fuente de ingresos del Patronato son las aportaciones de los productores,<sup>3</sup> además de la venta de semilla registrada y certificada; los convenios de colaboración con instituciones de investigación y empresas públicas y privadas; las donaciones de fundaciones e instituciones interesadas en el desarrollo agrícola de la región y el apoyo del Gobierno del Estado para financiar proyectos que se realizan en el CENEB. El impacto del Patronato, en términos económicos, se materializa en el apoyo para el desarrollo de nuevas tecnologías, que los productores adoptan para mejorar la rentabilidad. Van desde el mejoramiento genético en variedades de maíz y trigo hasta la generación y adopción de tecnologías que permite a los productores disminuir riesgos y costos (uso racional de insumos y detección de plagas y enfermedades).

## DATOS Y METODOLOGÍA

Para el presente estudio se consideró el empleo de metodologías cualitativas que permitan identificar y caracterizar las funciones e interacciones del PIEAES como organismo de intermediación de innovación, para lo que es importante definir la oferta y la demanda de conocimiento agrícola con los que coopera en el sistema trigo del Valle del Yaqui.

Se realizaron 21 entrevistas, las cuales, fueron transcritas y codificadas para identificar conceptos clave en el análisis (con apoyo informático del software MaxQDA 10). El levantamiento de datos se llevó a cabo de mayo de 2012 a mayo de 2013 y se organizó en tres bloques de trabajo: en el primero se entrevistaron a los investigadores involucrados en el Plan Rector del Sistema Producto Trigo en Sonora<sup>4</sup> quienes participan en el programa de mejora continua de trigo en INIFAP y CIMMYT. El segundo bloque se constituyó por actores clave en el sistema, siguiendo la metodología de bola de nieve, de tal manera que se incluyeron entrevistados del sector público y privado, así como de I+D. En el último grupo de entrevistas, se acudió a agroempresarios de la región involucrados en la producción de trigo (véase [figura 5](#)).

Figura 5. Bloques de entrevistas

Bloques de entrevistas		Q	Perfil	Instituciones
Bloque 1	I+D	8	Investigadores	INIFAP, CIMMYT
Bloque 2	Actores clave en el sistema	6	Agroempresarios, gobierno, industria, investigación.	DDR 148, INIFAP, PIEAES, sector privado.
Bloque 3	Producción - comercialización	7	Agroempresas	Sector privado

Fuente: elaboración propia.

<sup>3</sup> Las cuotas voluntarias son una proporción por hectárea de los diferentes cultivos que producen en las regiones agrícolas del Estado. La cuota actualmente es de 2.00 pesos al millar del valor de la producción por hectárea y se recauda en el permiso de siembra. Este sistema de aportación tiene la ventaja de que los productores apoyan a la investigación con aportaciones equilibradas con respecto a sus ingresos; además, es ágil y flexible, porque permite adecuarse a los cambios que sufren los precios de los productos ([www.pieaes.org.mx](http://www.pieaes.org.mx)).

<sup>4</sup> El Plan Rector se define como el documento guía que da dirección a las acciones del Comité, en términos de efectividad y eficiencia, de todas las acciones encaminadas a fortalecer la cadena de valor. Se compone básicamente de un esquema de visión del Sistema Producto, de la caracterización de los actores participantes, y de la definición de las estrategias que permitan la consolidación de la visión consensada del Sistema para finalmente identificar, por parte de los actores, los proyectos que permiten concretar las estrategias (Plan Rector Sistema Producto Nacional Trigo, SAGARPA-INCA 2011).

Para el análisis de las funciones de la organización intermediaria de innovación, se seleccionó la descripción de Kilelu et al. (2011, 2013) presentada en apartados anteriores y, a su vez, ésta fue complementada con elementos a analizar sobre la protección de la propiedad intelectual y comercialización de los resultados de investigación. De esta forma, se estructuraron las funciones deseables a identificar en el intermediario de innovación agrícola del sistema trigo del Valle del Yaqui (véase [figura 6](#)).

Figura 6. Funciones del intermediario de innovación agrícola

Función		Descripción
1	Articulación de la demanda	Identificar los retos de la innovación y preverlos a través del diagnóstico y evaluación de necesidades. Para ello, requieren acceso a la información, tecnologías y financiamiento.
2	Soporte institucional	Afrontar los cambios institucionales.
3	Redes de intermediación	Identificar y vincular a diferentes actores.
4	Construcción de capacidades	Fortalecimiento e incubación de nuevas formas de organización.
5	Gestión del proceso de innovación	Coordinar la interacción de los actores, así como facilitar la negociación y aprendizaje entre ellos.
6	Intermediación del conocimiento	Identificar las necesidades de conocimiento/innovación y movilizar y difundir el conocimiento y la tecnología de diversas fuentes.
7	Propiedad intelectual	Participación en la protección de los resultados de colaboración.
8	Comercialización	Explotar los resultados de colaboración.

Fuente: elaboración propia con base en Kilelu et al. 2013, Howells 2006 y Klerkx y Leeuwis 2008.

#### DEFINICIÓN Y FUNCIONES DE LOS INTERMEDIARIOS DE INNOVACIÓN DEL SISTEMA TRIGO DEL VALLE DEL YAQUI

Retomando la idea de Howells (2006), según la cual un intermediario de innovación tiene, además de ésta otras, denominaciones acordes a los diferentes roles que interpreta en el sistema, por ello se decidió presentar al PIEAES como una organización bróker con base en las funciones que desempeña en el proceso de innovación entre dos o más partes en el sistema trigo del Valle del Yaqui.

Como ya se mencionó anteriormente, el PIEAES, surge como una agrupación de productores agrícolas a mediados del siglo XX con el interés de organizarse para la toma de decisiones y el apoyo al mejoramiento de su competitividad. Para ello, y dada la trayectoria de investigación y desarrollo en la región, estos asociados fueron conscientes del papel del crecimiento científico-tecnológico para mejorar su posición en los mercados. De esta forma, se constituyen como organismo que fomenta y difunde los resultados de I+D de INIFAP y CIMMYT, pero además, transfiere las demandas de conocimiento agrícola del sector productivo a los investigadores. Se identificó, a partir de las entrevistas, que el PIEAES colabora con todos estos actores como puente entre la oferta y la demanda de conocimiento.

Como menciona en entrevista el Ingeniero Valenzuela, Gerente del Patronato, “de la alianza que se tienen CIMMYT-PIEAES-INIFAP y con las aportaciones voluntarias de los productores del sur de Sonora constantemente se están generando nuevas variedades, buscando la calidad que requiere el mercado, con sus respectivas resistencias a las enfermedades regionales”.

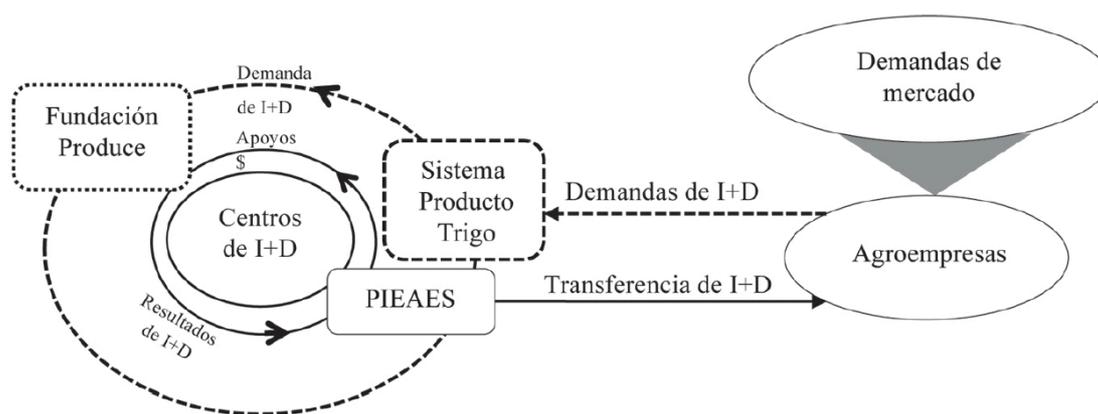
El Patronato, al ser fundado por productores, no se constituye como una asociación de los mismos, sino como una unidad de negocios independiente, con una misión y objetivos enfocados a administrar las aportaciones de los productores y de otras fuentes públicas y privadas para financiar investigación, validación y transferencia tecnológica agrícola. Además, es responsable de reproducir y comercializar las variedades de semilla en categoría básica y otorgar servicios de excelencia en su laboratorio de diagnóstico fitosanitario, actividades que le generan ingresos y permiten financiar los proyectos de la organización.

El proceso de innovación del trigo en el Valle del Yaqui inicia con las demandas del mercado a las agroempresas, cuyos consumidores son la industria productora de sémola, la industria de alimentos balanceados y países del norte de África y Latinoamérica. Las exigencias de éstos van desde elevados volúmenes de producción hasta determinado porcentaje de proteína. En particular, los mercados internacionales demandan porcentajes elevados de proteína y presentan rentabilidad en la medida en que las cantidades de grano a exportar son mayores, de tal manera que para acceder a ellos, deben producir con niveles elevados de rendimientos, poca merma, libre de cualquier patógeno y con al menos 15 por ciento de proteína. Tales condiciones resultan difíciles de lograr sin el apoyo de las actividades de I+D.

En el caso de la industria procesadora de pastas, la investigación ha servido para este mismo fin, como menciona en entrevista el Ingeniero Rincón, gerente de uno de los molinos de la región “lo que hicimos ahorita es que ellos (INIFAP) nos dieron el programa este de transferencia de tecnología para producir trigo de 11.5 para arriba. Y este año ya optamos por tener su transferencia y lo usamos en 12 módulos, con 12 productores representativos por su volumen”.

El Patronato analiza las opciones de financiamiento (tanto del sector privado como del público) de los proyectos de investigación y desarrollo que satisfagan las necesidades de conocimiento agrícola. La mayoría de ellos compete al sector público, de tal manera que se hacen llegar las propuestas al Sistema Producto Trigo conformado por representantes del gobierno local, nacional, productores y las instituciones de I+D, así como de la Fundación Produce.<sup>5</sup> Los resultados de investigación serán transferidos directamente al PIEAES, quien se encarga de hacerlos llegar a los agroempresarios (véase [figura 7](#)).

Figura 7. Estructura de transferencia tecnológica básica de trigo en el Valle del Yaqui



Fuente: elaboración propia con información de fuentes indirectas y entrevistas 2012.

<sup>5</sup> Pérez (2011) expone las características que revisten tanto a la Fundación Produce y el mismo INIFAP, como organismo intermedio en su estudio sobre la biotecnología agrícola mexicana.

Respecto a las funciones del PIEAES como intermediario de innovación (véase [figura 8](#)), se encontró que respecto a la identificación de los retos de la innovación y mecanismos para su previsión, a través del diagnóstico y evaluación (articulación de la demanda), el Patronato fija prioridades con base a las necesidades detectadas en el sistema para planear y diversificar el financiamiento de sus proyectos. Esto les permite además, limitar la participación pertenecientes a las instancias de gobierno, con el objeto de disminuir su influencia en la toma de decisiones (soporte institucional).<sup>6</sup>

Figura 8. Funciones de intermediarios de innovación del sistema trigo del Valle del Yaqui

	Función	Descripción
1	Articulación de la demanda	Fijan prioridades con base en necesidades del sistema, además, diversifican las fuentes de financiamiento: sector público- sector privado
2	Soporte institucional	Afrontan los cambios institucionales con estructuras organizativas que permitan disminuir la influencia política en las decisiones
3	Redes de intermediación	Mantienen constante comunicación con y entre investigador y agroempresarios
4	Construcción de capacidades	Participación en la organización de eventos de divulgación de resultados de investigación
5	Gestión del proceso de innovación	Estimular al investigador a partir de las necesidades, experiencias y visión de los productores para obtener resultados aplicables
6	Intermediación del conocimiento	Identificar las necesidades de conocimiento y transferir el conocimiento para lograr mayor credibilidad a la tecnología generada
7	Propiedad intelectual	Reproducir semilla en categoría básica a partir de las nuevas variedades resultantes de las investigaciones de INIFAP y CIMMYT
8	Comercialización	Capacidad para reproducir y comercializar variedades nuevas necesarias en el Valle e inclusive, en otras regiones del país

Fuente: elaboración propia con información de entrevistas 2012–2013.

La estructura organizativa del PIEAES está diseñada de manera que al vincularse con otros intermediarios de innovación, instituciones y empresas, propicia redes de intermediación necesarias para enfrentar cambios en el entorno. Al establecer estos vínculos, son capaces, además, de proporcionar información sobre posibles colaboradores y actuar como mediador entre organismos que ya están colaborando. A partir de esta intermediación del conocimiento, el PIEAES ayuda a encontrar asesoría, financiamiento y apoyo a los resultados de la innovación, con el objetivo de estrechar lazos y lograr una mayor credibilidad a la tecnología generada.

Si bien el PIEAES no busca integrar nuevas formas de organización, respecto la función de construcción de capacidades, propicia el desarrollo de eventos de divulgación pertenecientes a los avances tecnológicos y científicos en beneficio del sistema. Este tipo de actividades se perfilan con la función de gestión de proceso de innovación ya que, de esta manera, se estrecha la relación entre investigadores y productores.

<sup>6</sup> Como filosofía del PIEAES, mantienen la frase del Dr. Norman Borlaug: *lo importante es que los productores se involucren para proteger a la investigación de las presiones de carácter político*. Entrevista CENEB, febrero de 2013.

En la relación que guardan INIFAP, CIMMYT y PIEAES, los papeles de participación están claramente marcados, sea el caso del proyecto más ambicioso del sistema: mejoramiento de variedades de trigo. Mientras que los centros de investigación colaboran en la generación de conocimiento, el Patronato está autorizado para tomar los obtentores y diseñar las estrategias de reproducción de semilla a sembrar en los ciclos agrícolas del Valle del Yaqui. Su responsabilidad en este aspecto es el de diseñar el suministro y certificación de la calidad de las variedades generadas, esto mediante la protección intelectual otorgada por el Servicio de Inspección y Certificación de Semillas (SINICS). Las semillas son reproducidas bajo el resguardo del PIEAES y en función de una demanda planeada ciclo a ciclo, tomando en cuenta las necesidades de la región e inclusive, considerando algún interés de vinculación de manera comercial con otras regiones del país.

A propósito de la comercialización, si bien el PIEAES retorna los resultados de investigación del proyecto de mejora continua de variedades de trigo mediante la distribución comercial, cabe destacar que también provee servicios de laboratorio de diagnóstico fitosanitario, aprobado por el organismo gubernamental correspondiente. De esta forma, garantizan no solo la calidad de las semillas que distribuye, sino la inocuidad en todo el sistema, particularmente del sistema trigo, en atención de las demandas del sector productivo.

## CONCLUSIONES

Las condiciones de mercado del trigo del Valle del Yaqui tienden a la diferenciación en el sentido de que son los consumidores quienes demandan un grano con especificaciones tanto en calidad como en inocuidad, lo que propicia dejar de lado el concepto de *commodity* (que se asocia al volumen de producción) y apropia el concepto de producto agrícola (asociado a especificaciones heterogéneas provenientes de consumidores cada vez más exigentes). Esta transición en el mercado internacional del trigo cristalino, implica cambios en los sistemas científicos, tecnológicos y sociales propios del proceso de innovación. Éste, por tanto, deja de lado la visión lineal y apropia el enfoque de sistemas, en donde convergen tanto la tecnología, como el conocimiento y las instituciones, para responder a las necesidades de un sector productivo, que a su vez, busca satisfacer las exigencias de sus consumidores.

La figura del intermediario de innovación emerge en el sistema trigo del Valle del Yaqui, viene a mediar entre la oferta de conocimiento y tecnología, el sector productivo y las instituciones. Como se observó en apartados anteriores, los teóricos indican que esta figura surge para subsanar las fallas del sistema en cuanto a vacíos cognitivos, de información, de gestión o sistémicos (Klerks y Leeuwis 2009), sin embargo, identificarlos dentro del sistema estudiado, no fue el objetivo de esta investigación. Pero sí puede observarse que el PIEAES como intermediario de innovación busca reducir las brechas (vacíos) y la probabilidad de fallas, guiando la participación de cada componente del sistema.

El Patronato, lejos de ser empresa, institución gubernamental o centro de investigación, colabora con todos ellos en el proceso de innovación, ya que está conformado por productores y cuenta con una representación de gobierno y de ciencia y tecnología, dentro de su estructura organizativa. Esto le permite realizar labores de bróker, tales como vincular una transacción entre los participantes, actuar como mediador entre organismos que ya están colaborando, encontrar asesoría, financiamiento y apoyo a la investigación (acorde con Howells 2006).

Respecto a las funciones del intermediario de innovación agrícola en el sistema trigo del Valle del Yaqui, para fines del objetivo planteado, se caracterizaron en ocho categorías con base a los teóricos citados. Sin embargo, asociar las funciones identificadas en las entrevistas de campo a los conceptos emanados de la teoría da cuenta de la complejidad que reviste la participación de éste organismo. El ejercicio de asociación que implicó, evidenció la vinculación de los roles del intermediario, de tal manera que los elementos que definen a las redes de intermediación así como las propias de conocimiento o

comercialización y propiedad intelectual (por citar algunos ejemplos) están enlazados unos con otros. Es decir, todas las funciones del PIEAES, como intermediario de innovación agrícola en el sistema trigo del Valle del Yaqui, están enlazadas sistémicamente.

Caracterizar las funciones del PIEAES como intermediario de innovación agrícola, es resultado de un primer análisis exploratorio del proceso de este organismo. Investigaciones futuras, deben estar enfocadas al análisis de las redes de intermediación que se establecen no solo en el sistema trigo, sino en el de innovación agrícola en donde participa el PIEAES y otros intermediarios. De esta forma, se pueden identificar tanto los casos de éxito como los vacíos y destacar propuestas para enfrentar el dinamismo de los mercados agrícolas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Almanza, M. 2008. Las organizaciones del sector social del Valle del Yaqui. *Frontera Norte* XX (40): 135-167.
- Baxter, C. y P. Tayler. 2007. Facilitating Enterprising Places: The Role of Intermediaries in the United States and United Kingdom. En Polenske (ed.). *The Economic Geography of Innovation*, 261-288. Cambridge University.
- Bracamonte, A. y R. Méndez. 2011. *Subvenciones, reconversión e innovación productiva en la agricultura. El caso del trigo en Sonora*. Colegio de Sonora.
- Comisión Nacional del Agua. 2009. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea. Acuífero (2640) Valle del Yaqui, Estado de Sonora. Publicado en el Diario Oficial de la Federación, 28 de agosto de 2009.
- Cotter, J. 1994. The Origins of the Green Revolution in Mexico: Continuity or Change?. En *Latin America in the 1940s: War and Postwar Transitions*, 224-247.
- France Agrimer. 2013. Mercado del trigo duro. Mundo, Unión Europea, Francia. Los estudios de FranceAgriMer, Organismo Nacional de Productos Agrícolas y del Mar.
- Hewitt, C. 1978. *La modernización de la agricultura mexicana 1940-1970*. México: Siglo XXI.
- Howells, J. 2006. Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy* XXXV (5): 715-728.
- Kilelu, C., L. Klerkx, C. Leeuwis. Hall, A., 2011. Beyond knowledge brokering: an exploratory study on innovation intermediaries in an evolving smallholder agricultural system in Kenya. *Knowledge Management for Development Journal* VII (1): 84-108.
- Kilelu, C., L. Klerkx y C. Leeuwis. 2013. Untravelling the role of innovation platforms in supporting co-evolution of innovation: Contributions and tensions in a smallholder dairy development programme. *Agricultural Systems* CXVIII: 65-77.
- Klerkx, L. y C. Leeuwis. 2008. Balancing multiple interests: Embedding innovation intermediation in the agricultural knowledge infrastructure, *Technovation* XXVII (6): 364-378.

- \_\_\_\_\_. 2009. Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting and Social Change* LXXVI (6): 849-860.
- Ortoll, S. 2003. Orígenes de un Proyecto Agrícola: La Fundación Rockefeller y La Revolución Verde. *Sociedades Rural, Producción y Medio Ambiente* IV (1): 81-96.
- Pérez, M. 2011. Innovación y organismos intermedios en México: el caso de la biotecnología agrícola. En *Dinámicas institucionales y políticas de innovación en México*, coordinado por Villavicencio, D., A. Martínez y P. López. México D.F.: UAM Xochimilco y Plaza y Valdez Editores.
- Robles, J., y C. Garza. 2010. Nuevas condicionantes en las organizaciones de los sistemas alimentarios: el caso del sistema vid de mesa de Sonora. En *Bienestar y desarrollo en el siglo XXI*, coordinado por Huesca L., C. Calderón y M. Camberos. Hermosillo, Sonora: Plaza y Valdez Editores/CIAD.
- Rodríguez, G. 2011. Actores de intermediación y enlace en la construcción de un Sistema de Innovación. El caso de la industria del software en Jalisco. En *Dinámicas institucionales y políticas de innovación en México*, coordinado por Villavicencio, D., A. Martínez y P. López. México D.F.: UAM Xochimilco y Plaza y Valdez Editores.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGARPA). 2011. *Plan Rector- Sistema Producto Nacional Trigo*. México, D.F.: SAGARPA.
- Smits, R. 2002. Innovation studies in the 21st century: Questions from a user's perspective, *Technological Forecasting and Social Change* LXIX (9): 861-883.
- Szogs, A. 2008. The role of mediator organisations in the making of innovation systems in least developed countries: evidence from Tanzania. *International Journal of Technology and Globalisation* IV (3): 223-237.
- Szogs, A., A. Cummings y C. Chaminade. 2009. Building Systems of Innovation in Less Developed Countries: The Role of Intermediate Organizations. *CIRCLE Electronic Working Paper Series*. Sweden: Lund University.
- Yang, H., L. Klerkx y C. Leeuwis. 2014. Functions and limitations of farmer cooperatives as innovation intermediaries: Findings from China. *Agricultural Systems* CXXVII: 115-125.

#### SITIOS WEB CONSULTADOS

[www.picaes.org.mx](http://www.picaes.org.mx) consultado por última vez el 15 de agosto de 2014.

[www.trigo.gob.mx](http://www.trigo.gob.mx) consultado por última vez el 15 de agosto de 2014.

# MODERNIZACIÓN PRODUCTIVA, TECNOLÓGICA Y COMERCIAL EN LA AGRICULTURA DE LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA

Juan Luis Hernández Pérez<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

La región agrícola de la Costa de Hermosillo en el estado de Sonora ha estado inmersa, desde 1980 hasta la actualidad, en un proceso de modernización y/o reconversión agrícola funcional a la era globalizadora que experimenta la economía mundial. Dicha estrategia se ha expresado en notables incrementos de la productividad y mejor rendimiento por hectárea cultivada, situación que ha sido posible gracias a la incorporación de innovaciones tecnológicas, mejoramiento de la infraestructura, mayor mecanización de la producción, diversificación de cultivos, nuevas formas de comercialización y un uso más amigable de los recursos naturales. Los factores anteriores colocan hoy en día a la región entre las principales zonas agrícolas de exportación del estado y del país.

En este sentido, el objetivo de este trabajo es plantear algunas consideraciones generales acerca de las implicaciones económicas del proceso de modernización agrícola registrado en la entidad, particularmente en el valle de la Costa de Hermosillo durante el periodo 1980-2010; el trabajo está estructurado en tres apartados y uno más de conclusiones. En el primero, se explica de manera general el cambio ocurrido en la agricultura mexicana a raíz de la puesta en marcha del nuevo modelo económico orientado al mercado externo. El segundo apartado aborda los antecedentes del desarrollo agrícola en la Costa de Hermosillo, cuyo origen se encuentra alrededor de la dinámica agrícola de la Revolución Verde. En la tercera sección se expone un análisis general sobre el actual proceso de modernización agrícola a través de la incorporación de tecnología, cambio en el patrón de cultivos (innovaciones de producto), reformulación de las estrategias de comercialización y eficientización del uso del agua. Por último, se ofrecen las conclusiones en las que se destacan las transformaciones más importantes en el desarrollo agrícola de la Costa de Hermosillo a partir del referido proceso de modernización; en este apartado se esbozan propuestas de reconversión productiva con el propósito de fortalecer la competitividad regional y alcanzar mayores niveles de desarrollo económico y social.

Este trabajo abarcó la revisión de información bibliográfica y en línea, así como de entrevistas directas a productores locales, funcionarios públicos y otros actores. Se hizo observación participante en un conjunto de campos agrícolas, lo que permitió identificar los rasgos más importantes del desarrollo agrícola en la región.

---

<sup>1</sup> Maestro en Desarrollo Regional por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Estudiante del Doctorado en Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México.

La profundización de la globalización en México coincidió en la década de 1980 con la transición del modelo o patrón de acumulación basado en la sustitución de importaciones al llamado Industrialización Orientada a las Exportaciones.<sup>2</sup> Desde entonces la economía mexicana experimentó un cambio de rumbo sustentado en la lógica del mercado y en el sector externo. De esta manera, el mercado mundial se convirtió en el punto de referencia para cualquier unidad económica (empresa, región, nación).

Basados en la ventaja relativa que supuestamente tenían algunas zonas agrícolas de exportación,<sup>3</sup> se argumentó que estados como Sonora, Baja California, Sinaloa y el Bajío (Querétaro y Michoacán) tenían más ventajas en la producción y exportación de hortalizas y frutas. Por lo tanto, la producción hortofrutícola se proyectó como el eje dinamizador de la agricultura mexicana. Las políticas de liberalización comercial y la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) institucionalizaron dicha estrategia.

Este replanteamiento trajo consigo una gran diversificación productiva, la descentralización de las estructuras de las empresas, la incorporación de nuevas tecnologías, la creación de cadenas de comercialización y la diversificación comercial del producto, una gran movilidad de las empresas y su dispersión geográfica (empresas globales) y el desarrollo de formas de organización flexible que afectaron al mercado de trabajo rural (Lara y Grammont 1999). Sin embargo, no todos estos cambios se expresaron de la misma forma ni con los mismos resultados en las distintas regiones agrícolas de exportación del país. Las regiones especializadas en cultivos hortofrutícolas son las que más se han beneficiado; efectivamente las exportaciones de hortalizas se han incrementado a una tasa media anual de 6.51 por ciento durante el periodo de 1993 a 2010, y aportan 16 por ciento del valor total de la producción. Sin embargo, este comportamiento no está exento de dificultades;<sup>4</sup> por ejemplo, la exportación de hortalizas en total del sector agroalimentario disminuyó de 32 a 25 por ciento entre 1993 y 2009 (Ayala, Schwentesius y Carrera 2012). Por lo tanto, algunos autores hablan de la potencial crisis del patrón de especialización hortofrutícola en México (Sandoval 2010).

En Sonora, en especial la región de la Costa de Hermosillo, cuya característica principal es ser una región agrícola de exportación, se aprecian síntomas interesantes de transformación cuyo análisis permitiría comprender las coordenadas de la modernización del sector agroexportador a nivel regional. Con esta premisa se sostiene que el proceso de reconversión agrícola en la Costa de Hermosillo ha generado importantes avances productivos, tecnológicos y comerciales, pero también desequilibrios que afectan a los productores de la región. Estos aspectos se abordan en el siguiente apartado.

### LA REVOLUCIÓN VERDE EN LA COSTA DE HERMOSILLO (1940-1960)

En el estado de Sonora, a partir de la década de 1940, el desarrollo agrícola centró su interés fundamental en la tecnología de la “Revolución Verde” impulsada por el Dr. Norman Borlaug,<sup>5</sup> con la utilización de variedades de trigo de altos rendimientos y aplicación de fertilizantes químicos (Almada 2011). Dicha

---

<sup>2</sup> La lógica del modelo llamado Industrialización Orientada a las Exportaciones IOE se resume en que la apertura externa obligará a las empresas a ser competitivas y el mecanismo de precios de mercado propiciará una eficiente asignación de recursos y una especialización en el comercio internacional, basada en las ventajas comparativas que genere un modelo industrial exportador como motor del crecimiento (Molina y Zárate 2009).

<sup>3</sup> Históricamente, el clima, las diferencias en el precio de la mano de obra y en tecnología, los aranceles y los movimientos en los tipos de cambio (peso/dólar) se han considerado factores clave que definen al comercio de exportación entre México y los Estados Unidos.

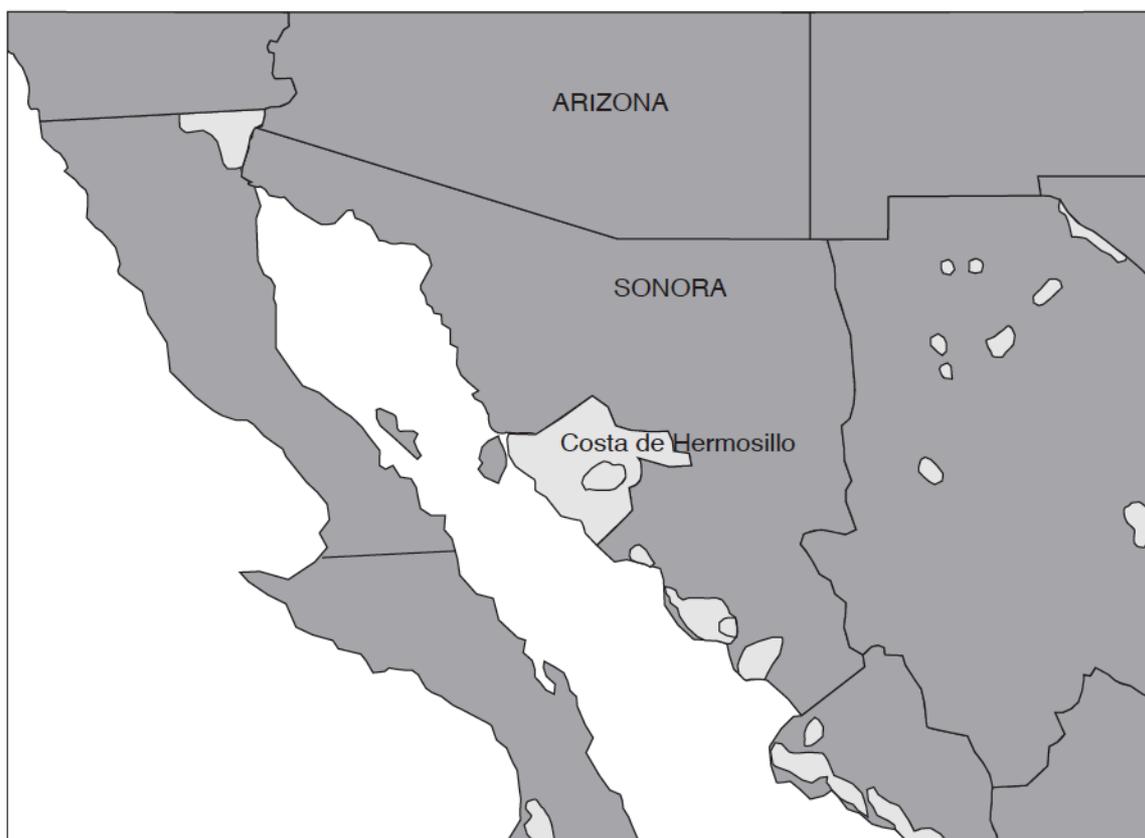
<sup>4</sup> Algunos autores mencionan que este modelo ha impulsado la desarticulación y la polarización de la agricultura mexicana debido a que sólo un pequeño segmento de ella se ha integrado en los mercados globales (Maya 2004).

<sup>5</sup> Los esfuerzos para introducir semillas híbridas a la producción agrícola en Sonora, con el fin de incrementar la productividad agrícola, fueron impulsados por Norman Ernest Borlaug, agrónomo y genetista norteamericano, ganador del Premio Nobel de la Paz en 1970, que realizó estudios en varias partes del estado de Sonora, así como en otras regiones del mundo, siendo considerado el padre de la agricultura moderna y de la “Revolución Verde”.

estrategia implicó el empleo de fertilizantes, herbicidas e insecticidas producto de la investigación genética, el desmonte de tierras, la construcción de grandes presas, así como el desarrollo de infraestructura física para los distritos de riego a los que se les dotó de canales, caminos y terrenos nivelados, además de generarse una nueva infraestructura comercial y financiera asentada en los centros urbanos regionales. Esta dinámica movilizó miles de jornaleros, pizcadores, ingenieros, mecánicos, pilotos fumigadores, regadores, tractoristas, choferes, fleteros, maquileros, albañiles, etcétera.

En el caso de la Costa de Hermosillo,<sup>6</sup> región ubicada al noroeste del estado de Sonora (véase [figura 1](#)), durante ese periodo ocurrió una incorporación rápida de nuevos insumos para la producción agrícola<sup>7</sup> que se convirtieron en el instrumento primordial para asegurar el éxito del proyecto modernizador de la “Revolución Verde”, que constituyó el establecimiento de un nuevo sistema de cultivo de carácter extensivo, tanto en tierra como en agua.

Figura 1. Distrito de Riego núm. 51 Costa de Hermosillo, Sonora



Fuente: SAGARPA 2011.

Previamente, la Costa de Hermosillo amplió la frontera agrícola ya que en tan solo 30 años pasó de 10 mil hectáreas en riego (1929) a 113 mil (1959); de ellas 99 mil contaban con sistemas de bombeo (véase [figura 2](#)). Esta rápida expansión fue conocida como el “boom agrícola” o el “milagro agrícola”, por lo que a la Costa se le llegó a considerar entre las mejores regiones agrícolas del mundo (Noriega 2010).

<sup>6</sup> La Costa de Hermosillo se localiza en la región noroeste del estado de Sonora, en la ruta que se extiende entre la Ciudad de Hermosillo hasta Bahía de Kino en las aguas del Golfo de California. Fue formalmente denominada Distrito Nacional de Riego N° 051 en 1953, con una superficie total de 1 480 000 hectáreas y la superficie de la Costa es de alrededor de 200 000 hectáreas, convirtiéndose en el Distrito de Riego por bombeo más grande del país.

<sup>7</sup> A la par de la actividad agrícola, la ganadería y la avicultura (cría y engorda) también se desarrollaron fuertemente en la región.

Figura 2. Sonora: superficie bajo riego, 1959 (Hectáreas)

Región	Gravedad	Bombeo	Total
Altar	1 350	1 450	2 800
Bacúm, Cajeme, Guaymas	230 000	0	230 000
Etchojoa	36 000	3 000	39 000
Huatabampo	24 000	500	24 500
Navojoa	20 000	1 500	21 500
Costa de Hermosillo	14 000	99 000	113 000
Caborca	200	41 800	42 000
Cucurpe	1 100	400	1 500
Magdalena	800	700	1 500
Pitiquito	600	3 450	4 050
Rayón	1 000	400	1 400
Santa Ana	800	1 200	2 000
Ures	500	2 000	2 500
Total Estado	387 948	178 615	566 563

Fuente: *Historia General de Sonora 1985*, 164.

Igualmente, los niveles de productividad agrícola de la Costa llegaron a ser los más altos en el país durante el periodo 1953-1963, llegando a producir el 7.6 por ciento del trigo y el 2.6 por ciento del algodón en México; durante la década de 1950 y 1960, el patrón de cultivos en la Costa de Hermosillo, y en general del estado de Sonora, descansaba esencialmente en la dupla conformada por el trigo y el algodón. Ambos cultivos ocupaban, en el caso de la Costa, cerca del 90 por ciento de la superficie sembrada.

Sin embargo, después de 30 años de crecimiento y auge agrícola en la región, a principios de la década de 1970, se presentaron serios problemas<sup>8</sup> dentro de la estructura del sector agrícola sonorenses<sup>9</sup> que empezaron a limitar su dinamismo. El análisis de dicha problemática ha sido abordado por varios autores<sup>10</sup> bajo dos perspectivas generales: la económica y la ambiental. Es decir, por un lado, el deterioro estructural del sector agrícola local está estrechamente relacionado con la evolución de la política económica y el nuevo escenario de competencia que suponía la apertura comercial, que se reflejaron en la disminución de la

<sup>8</sup> Según Pérez (2011) los principales problemas consistieron en: la imposibilidad de seguir incorporando nuevas tierras al cultivo; la dependencia de un paquete tecnológico con insumos importados de alto costo; la fragilidad de la estructura productiva debido a la falta de diversificación y al predominio de sólo dos cultivos: trigo y algodón; la fuerte dependencia del crédito y el incremento de carteras vencidas; el reparto inequitativo de las mejores tierras de riego entre empresarios agrícolas, colonos y ejidatarios; la vulnerabilidad de la agricultura de exportación provocado por la inestabilidad de los precios en el mercado internacional; el uso irracional de recursos naturales como el agua subterránea y, finalmente, la incapacidad del sector de generar empleos suficientes que aseguren niveles básicos de bienestar a jornaleros e inmigrantes atraídos por el boom agrícola.

<sup>9</sup> En el caso del estado de Sonora, los efectos del agotamiento del modelo agrícola implicaron la caída en la participación del sector agropecuario en el PIB estatal, ya que de representar el 33 por ciento en 1960, decreció al 14.3 por ciento en 1980 (Wong et. al. 1994).

<sup>10</sup> Hewitt 1978; Murrieta 1990; Martínez 1999; Moreno 2006; Olavarrieta 2010; Noriega 2010; Pérez 2011; Wong et al. 1994; y otros.

productividad y la rentabilidad agrícola; y por el otro, la sobreexplotación y contaminación de los recursos naturales, en específico, el excesivo bombeo de agua y su salinización<sup>11</sup> limitaba aún más la actividad agrícola.

Sin embargo, a nuestro juicio, el agotamiento del “boom agrícola” y del proyecto modernizador de la Revolución Verde en la Costa de Hermosillo, más que deberse a factores ambientales, como la sobreexplotación del agua del acuífero, o económicos regionales, es el reflejo de la crisis agrícola nacional,<sup>12</sup> que alteró los factores técnicos, administrativos, económicos, sociales y ambientales que dominaron la pasada dinámica agrícola; también se debe a la reconfiguración de la demanda agrícola internacional y la segmentación en el mercado de productos<sup>13</sup> (principalmente de Estados Unidos) que provocó la eliminación de las anteriores ventajas comparativas,<sup>14</sup> que favorecieron a la región como exportadora tradicional de materias primas agropecuarias (algodón y trigo) durante la etapa de posguerra (1940-1970).

## LA MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA EN LA COSTA DE HERMOSILLO, 1980-2010

El agotamiento de la pasada dinámica agrícola en la región y la reconfiguración de una nueva demanda internacional de alimentos y materias primas, exigió, a medida que se intensificaba la apertura comercial en la década de 1980, la reconversión agrícola de la Costa de Hermosillo con el propósito de satisfacer la nueva demanda de alimentos y proveer de materias primas a la industria regional o transnacional dedicadas al procesamiento de alimentos. Como se señala a continuación, los mayores esfuerzos de la modernización se concentraron en el ámbito productivo, tecnológico y comercial, así como en un relativo mejor uso de los recursos.

### *Modernización productiva y diversificación de cultivos*

El proceso de modernización agrícola en la Costa de Hermosillo provocó, en primer lugar, la reorientación del perfil productivo de la región. Consecuentemente, desde la década de 1980 y hasta la fecha, la estrategia aplicada por el gobierno para enfrentar el nuevo escenario productivo y comercial globalizado, se ha basado en un programa de modernización y/o reconversión agrícola que consiste en: a) experimentar con un patrón de cultivos más rentable con base en la producción de granos, forrajes, frutas y hortalizas para su exportación<sup>15</sup> y el impulso a la ganadería intensiva; b) la incorporación de tecnología para optimizar los recursos; c) la búsqueda de nuevos esquemas de comercialización y financiamiento; d) mayor demanda de mano de obra y, por último, e) disminuir costos de los insumos utilizados.

---

<sup>11</sup> Según Noriega (2010), el aumento constante en el volumen extraído de agua del acuífero creó dos problemas fundamentales: 1) Abatimiento del acuífero, causado por excesivas extracciones de agua; 2) Intrusión salina; si los volúmenes extraídos del acuífero disminuyen por debajo del nivel del mar, el agua marina penetra al acuífero contaminando el agua del subsuelo. Moreno (2006), señala además un tercero: incremento de los costos; para extraer agua situada a mayor profundidad era necesario mayor maquinaria especializada y mano de obra.

<sup>12</sup> La crisis agrícola nacional se inicia con el deterioro creciente de la producción desde 1965 y estalla a partir de una serie de factores coyunturales (crisis internacional), a principios de los años setenta. Según A. Bartra (1985), en realidad lo que se derrumba no es toda la producción agropecuaria, sino particularmente los cultivos destinados al mercado interno, y en especial los de consumo humano directo como el maíz y frijol. Entre 1971 y 1974, la superficie cosechada de maíz se reduce en más de un millón de hectáreas (el 20 por ciento del total) y la de frijol en 600 mil (el 31 por ciento del total). Esta drástica contracción está determinada no sólo por el abandono empresarial de estos cultivos poco redituables, sino, sobre todo, por el abandono campesino de una producción ruinosa.

<sup>13</sup> Esta nueva demanda es el resultado de la operación de transnacionales dedicadas al comercio y distribución de alimentos que buscan crear un mercado selecto, de lujo, que ofrece tanto comida sana y con sabor, como comida “exótica”, esencialmente para los consumidores de altos ingresos de los países ricos. También se debe a las presiones que ejercen grupos de consumidores y organizaciones no gubernamentales preocupadas por el ambiente y la salud (Schwentenius y Gómez 2000).

<sup>14</sup> Las ventajas comparativas se derivan de las mejores condiciones naturales y sociales existentes en una región frente a otras regiones. Las ventajas competitivas se deben a una mayor productividad de las empresas.

<sup>15</sup> Esta reactivación de la producción de cultivos “no tradicionales y de lujo”, está basada en una lógica de ventajas comparativas, ya que considera más rentable producir hortalizas y frutas para su exportación e importar granos básicos.

No obstante, desde el inicio el proceso de modernización agrícola en la Costa estuvo acompañado de distintas transformaciones, tanto en la reducción de la frontera agrícola sembrada<sup>16</sup> como en el uso del agua,<sup>17</sup> lo que en principio generó incertidumbre sobre la bonanza agrícola de este nuevo proyecto. Junto a lo anterior, la adversa situación económica nacional por la crisis de 1994, provocó que muchos de los productores medianos y pequeños de la región se vieran afectados, a tal grado de que algunos tuvieron que retirarse de la actividad. Otros, en particular los grandes productores, aprovecharon los planes de modernización que acompañaron el proceso de apertura comercial con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), para consolidarse productivamente en la región.

El propósito de la reconversión agrícola fue que nuevos cultivos resolverían las exigencias inmediatas de los productores y gobierno: generar una mayor productividad (toneladas/mm<sup>3</sup>), una mayor rentabilidad (peso invertido/peso obtenido) y un mejor uso del agua (peso invertido/m<sup>3</sup> de agua), elementos que permitirían aumentar la competitividad y participar en el mercado interno y externo para obtener divisas y financiar el desarrollo económico regional. Esto provocó un nuevo patrón de cultivos,<sup>18</sup> lo que inmediatamente significó un sistemático desplazamiento en la superficie sembrada de los anteriores cultivos extensivos (trigo y algodón), hacia una agricultura de tipo intensiva, basada en la diversificación de cultivos, sobre todo de frutas y hortalizas.

Los primeros efectos de la nueva estrategia de modernización productiva aparecieron entre 1985 y 1990, cuando la superficie sembrada de frutas y hortalizas creció a una tasa promedio anual de 2.65 por ciento. Posteriormente, durante el periodo 1990-1995 (véase [figura 3](#)), la superficie sembrada de frutales y hortalizas se incrementó conjuntamente en un 14 por ciento, por arriba de cualquier otro tipo de cultivos en la región.

Figura 3. Costa de Hermosillo: Participación en la superficie sembrada y el valor de la producción según grupo de cultivo, 1990-1995 (%)

Grupo de cultivos	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1990-1995	
							Superficie sembrada	Valor
Alimentarios	15.6	13.4	12.1	9.9	9.5	9.9	11.7	14.1
Frutales	44.0	43.5	47.5	54.7	48.1	49.2	5.6	57.8
Hortalizas	12.4	23.1	11.8	8.0	18.2	21.3	1.5	13.7
Industriales	10.3	6.5	6.4	7.8	4.9	20.9	2.6	12.2
No alimentarios	9.0	11.1	19.8	18.0	16.3	13.5	3.5	19.7
Varios	8.4	54.0	27.0	33.9	24.9	33.8	0.9	10.6

Fuente: elaborado con datos a partir de Salazar et al. 1999, 69.

<sup>16</sup> Junto a los planes de disminución de extracción de agua del acuífero, también se planteó la reducción de la superficie sembrada en la Costa de Hermosillo en una proporción de 60 mil hectáreas. De 126 922 hectáreas en el año de 1971, se logró disminuir a 106 470 hectáreas sembradas en 1980; posteriormente a 88 000 hectáreas en el año de 1983 y finalmente a 60 485 hectáreas en 1991.

<sup>17</sup> Ante la certeza de que la sobreexplotación del agua limitaría el crecimiento agrícola de la región, se aprobó un acuerdo (o veda) que consistió en reducir en 50 por ciento las extracciones de agua en un periodo de 13 años, a partir del ciclo 1977. Este acuerdo logró que para la década de 1980 se registrara una reducción del agua bombeada del acuífero, de 785.5 mm<sup>3</sup> en 1980, y de 440 357 mm<sup>3</sup> en 1990, esto es, una disminución del 44 por ciento. Una revisión detallada de los programas y planes de ahorro en la extracción de agua del acuífero en este periodo, aparece en el texto de Moreno (2006).

<sup>18</sup> Patrón de cultivos: Secuencia anual y distribución espacial de cultivos, o de cultivos y barbechos, en un área determinada (*Infoagro* 2012).

A partir de la década de 1990, el perfil agrícola de la región quedó definido, en primer lugar, por su nueva especialización hortofrutícola,<sup>19</sup> y en segundo, por granos y forrajes. Como se observa en la [figura 3](#), frutales y hortalizas llegaron a representar alrededor del 70 por ciento de la superficie sembrada en el año de 1995.<sup>20</sup> A partir de la década del 2000 el perfil hortofrutícola de la Costa de Hermosillo se reforzaría. Como se observa en la [figura 4](#), las hortalizas y frutales en conjunto representaron, en términos de hectáreas sembradas, casi el 50 por ciento de la superficie total sembrada en la región entre 2005 y 2010, y su valor significó más del 80 por ciento del valor total de producción en la región. Y, en cuanto a jornales se refiere, las hortalizas y frutales han generado el 90 por ciento de éstos en la región.

Figura 4. Costa de Hermosillo: Participación en la superficie sembrada, el valor de la producción y jornales generados según grupo de cultivo, 2005-2010

Tipo cultivo	2005						2010					
	Ha <sup>a/</sup>	% <sup>c/</sup>	Valor <sup>b/</sup>	% <sup>c/</sup>	Jornal	% <sup>c/</sup>	Ha <sup>a/</sup>	% <sup>c/</sup>	Valor <sup>b/</sup>	% <sup>c/</sup>	Jornal	% <sup>c/</sup>
Total	69 960	100	3 061 335	100	4 182	100	71 998	100	5 087 264	100	100	100
Granos	23 261	33	310 787	10	226	5	23 116	32	459 655	9	227	6
Oleaginosas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hortalizas	8 698	12	669 701	22	956	23	11 097	15	1 015 305	20	1 220	31
Frutales*	25 617	37	1 882 587	61	2 867	69	22 799	32	3 329 218	65	2 373	60
Forrajes	11 222	16	178 363	6	109	3	13 897	19	256 648	5	122	3
Otros	1 162	2	19 896	1	21	1	1 089	2	26 442	1	14	0

Fuente: elaboración propia con base en datos de OEIDRUS 2012.

<sup>a/</sup> Hectáreas sembradas.

<sup>b/</sup> Valor en miles de pesos.

<sup>c</sup> Participación porcentual respecto al total.

Con el fin de entender detalladamente dicha transformación, a continuación se analiza la evolución de los principales cultivos que han tenido y tienen presencia en la región en las últimas décadas.

Como se observa en la siguiente [figura 5](#), el patrón de cultivos que predomina actualmente en la Costa consiste en: trigo, forrajes, garbanzo, uva de mesa, nuez y hortalizas; y por el contrario, han disminuido su presencia: algodón, uva industrial, maíz, y muy recientemente la naranja, cultivo tradicional de esta región.

En el caso del trigo,<sup>21</sup> se observa que a partir del año de 1986 la superficie sembrada que era de 57 800 hectáreas, disminuyó a 12 631 hectáreas en el año 2010, es decir, una abrupta reducción de 45 169 hectáreas, lo que representa una reducción del 78 por ciento.<sup>22</sup>

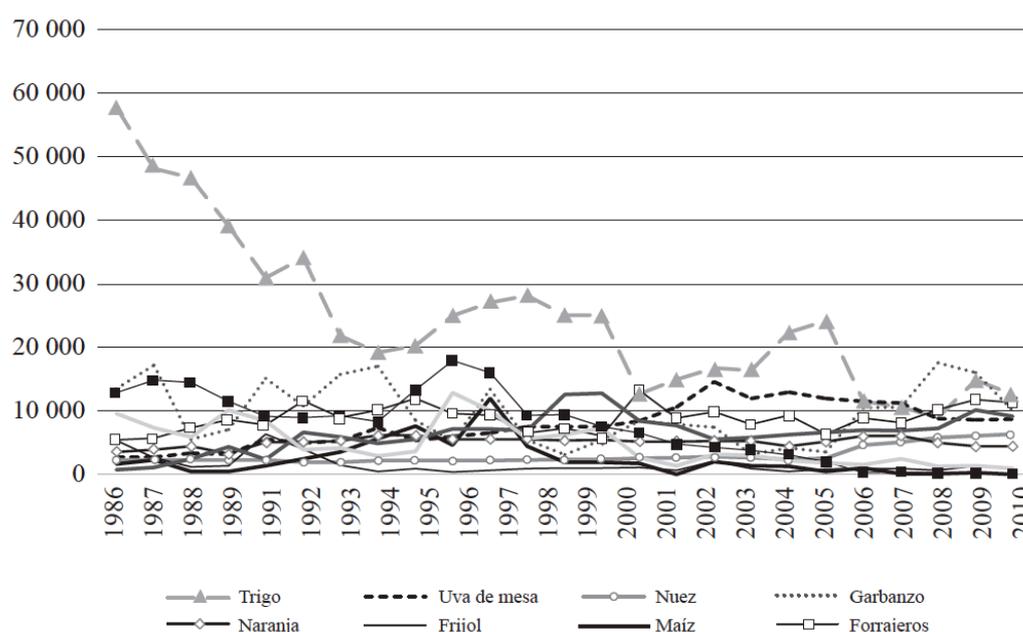
<sup>19</sup> Este cambio en el patrón de cultivos es conocido como proceso de hortoculturización y/o fruticultura o bien, nuevo patrón hortofrutícola (Schwentesius; Gómez 2000).

<sup>20</sup> Gran parte de esa producción se vinculó a los mercados agrícolas internacionales (Salazar et. al 1999).

<sup>21</sup> En los últimos años la producción de trigo suave o harinero se ha reducido drásticamente. Su disminución en la producción se asocia directamente con el incremento de las importaciones baratas de trigo.

<sup>22</sup> En la actualidad, la permanencia del trigo en el reciente patrón de cultivos en la región continúa en riesgo, debido a que por medio del Programa de Reconversión Productiva hacia Cultivos Perennes que la SAGARHPA está impulsando en el estado, se tiene previsto, en el mediano plazo, reconvertir de manera gradual las 12 000 hectáreas de trigo que actualmente se siembran en la Costa de Hermosillo por cultivos tales como el nogal y las oleaginosas.

Figura 5. Costa de Hermosillo: Evolución del patrón de cultivos, 1986-2010 (hectáreas)



Fuente: elaborada con base en datos de OEIDRUS 2012.

Respecto a las variedades de trigo sembradas en la Costa de Hermosillo, destacan los trigos cristalinos (duros) que se utilizan para la elaboración de pastas, y en un porcentaje menor los harineros (suaves). Esto significa que existe una tendencia regional en aumentar el uso en la siembra de trigo cristalino, ya que se exporta en mayor cantidad,<sup>23</sup> así como encuentra mayor demanda por parte de la industria local. Los rendimientos en el trigo a partir de la modernización agrícola, han aumentado debido a la aplicación de semillas mejoradas, manteniéndose durante los últimos 10 años en seis toneladas por hectárea sembrada.

En el caso del garbanzo, la superficie sembrada de este cultivo pasó de 13 500 hectáreas en 1986, a 10 300 hectáreas en 2010. Este comportamiento se debe a que la producción de garbanzo en la Costa ha estado orientada al mercado de exportación, alrededor de más del 90 por ciento de la producción obtenida es exportada a España.

Por otro lado, la superficie sembrada y el volumen de producción de hortalizas en los últimos 25 años han aumentado rápidamente en la Costa de Hermosillo. Las principales hortalizas que se cultivan son calabaza, sandía, melón, chile verde y pepino, de las cuales el 80 por ciento de su producción es destinada al mercado externo. La producción de hortalizas para la exportación se concentra en invierno, pues es el periodo con mayor mercado en los Estados Unidos y Japón. La producción de hortalizas genera aproximadamente el 20 por ciento del valor de la producción agrícola en la región; de esta manera, la importancia del subsector hortícola se ubica en su valor de producción y las divisas generadas.

En el caso de los cultivos frutales, la superficie sembrada y el volumen de producción también han aumentado rápidamente. La superficie sembrada de frutales en 1986 abarcaba 17 898 hectáreas, pasando a 20 304 hectáreas en 2010. La producción frutícola de la Costa de Hermosillo se concentra en tres cultivos: uva de mesa, naranja y nuez principalmente, las cuales cubren alrededor del 90 por ciento de la superficie frutícola. Pero dichos cultivos presentan un comportamiento desigual: mientras la superficie de naranja está disminuyendo, la superficie de nuez está aumentando, convirtiéndose rápidamente en el frutal con mayor crecimiento en la región y el estado.

<sup>23</sup> Durante 2010 alrededor de 600 mil toneladas de trigo fueron enviadas a distintos países de Latinoamérica, África, Europa y Estados Unidos. El trigo cristalino en el mercado ha alcanzado en los últimos años precios desde 296 a 306 dólares por tonelada y 309 a 320 dólares el trigo harinero.

Los rendimientos para la mayoría de las frutas y cítricos aumentó en la última década: en la uva de mesa en el 2000 eran de 11 toneladas por hectárea; para el 2010 el rendimiento alcanzó las 14 ton./ha; naranja pasa de 22 a 30 entre 2000 y 2010, respectivamente; nuez, de 1 en 2000 a 3 en 2010. Este incremento en los rendimientos se debe al cultivo extensivo en superficie de estos productos, pero también a nuevas variedades y tecnologías modernas de producción, así como a un relativo mejor uso del agua en estos cultivos.

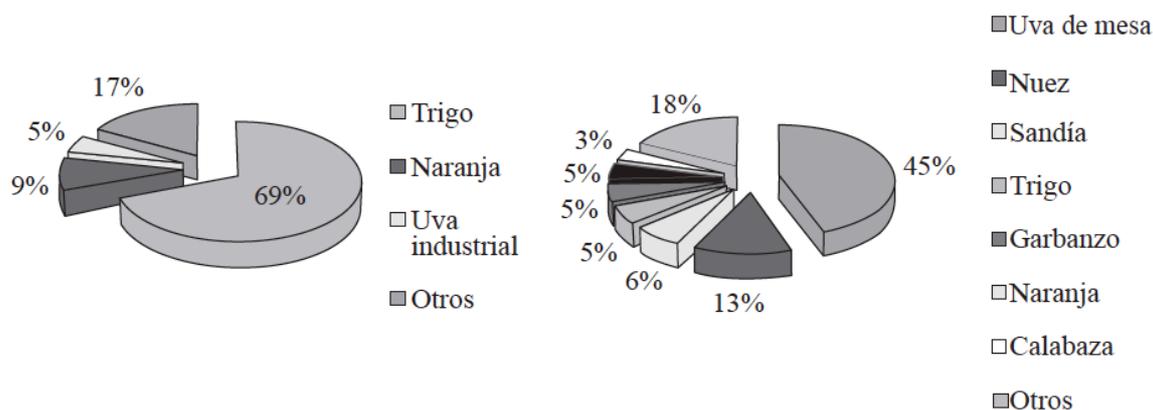
La producción de dichas frutas se destina principalmente al mercado externo en forma fresca. Tan solo el 75 por ciento de la producción de nuez se destina a mercados asiáticos, China principalmente. También el 90 por ciento de la producción de uva de mesa es exportada al mercado norteamericano. Esto indica que para el caso de los frutales, el mercado externo es todavía más importante que el mercado doméstico.

Contrariamente al reforzamiento de las hortalizas y frutales en el patrón de cultivos en este periodo, la producción de cultivos relacionados con la agroindustria local se colapsó. Tal es el caso de la uva industrial, la cual, desapareció por completo del actual patrón debido a la caída en su demanda (nacional y extranjera), provocando la desmantelación de la agroindustria regional, que no era competitiva ante la apertura comercial.<sup>24</sup>

Por último, la superficie destinada a cultivos forrajeros muestra una tendencia creciente, pues de ocupar una superficie sembrada de 5 762 hectáreas en 1986, creció a 12 507 hectáreas en 2010. La producción forrajera de la Costa de Hermosillo está relacionada con la ganaderización del uso de la tierra productiva de la región. Las principales especies sembradas son alfalfa verde, sorgo forrajero, rye grass y buffel. Esta producción está ligada a la exportación de carne para el mercado norteamericano.

En relación con el análisis anterior, sobre la evolución de los diferentes grupos de cultivos en la Costa de Hermosillo, se observa que, se ha incrementado la presencia de cultivos de exportación. Esta situación la confirman los mismos productores entrevistados,<sup>25</sup> los cuales, mencionaron que destinan más del 80 por ciento de su producción al mercado externo y el resto a supermercados regionales. Por ejemplo, en el año 2010 se exportó el 90 por ciento de la producción regional de uva de mesa hacia los Estados Unidos, aportando el 45 por ciento del valor de la producción total de la región.

Figura 6. Costa de Hermosillo: valor de la producción, 1986-2010 (%)



Fuente: elaborada con base en datos de OEIDRUS 2012.

<sup>24</sup> Robles y Taddei (2004) señalan que la firma del Tratado de Libre Comercio con Europa en el año 2000, desincentivó a la industria de la uva en la región, principalmente porque los industriales pudieron adquirir el aguardiente en el mercado internacional a precios relativamente más bajos que los que se alcanzaban a nivel local.

<sup>25</sup> Se llevaron a cabo once entrevistas directas a productores agrícolas. Para las entrevistas se utilizó un cuestionario-guía, diseñado y probado para tal fin.

En la [figura 6](#), se observa que en el año de 1986 sólo tres cultivos generaron más del 80 por ciento del valor de la producción total: trigo con 69 por ciento de participación, naranja nueve y uva industrial con cinco por ciento. En contraste, en el año 2010 se aprecia una mayor diversificación, pues ahora son siete los cultivos que generaron más del 80 por ciento del valor de la producción total de ese año: uva de mesa con 45, nuez con 13, sandía seis, trigo, garbanzo y naranja con cinco por ciento; y finalmente calabaza con un cinco por ciento de participación.

En consecuencia, la estimulación de la producción agrícola, a raíz del proceso de modernización, ha sido principalmente hacia cultivos con una alta demanda en el mercado externo (como uva, nogal y hortalizas), donde se puede alcanzar un mayor valor de venta, situación que contrasta con la paulatina disminución en la superficie sembrada de otros cultivos como el trigo, maíz y frijol en la región.

### *Modernización tecnológica en la producción agrícola*

Desde el inicio del proceso de modernización agrícola, los productores de la Costa de Hermosillo dieron un importante salto tecnológico con la adopción e incorporación de nuevas tecnologías para la producción agrícola, las cuales, han permitido a los productores tener una mayor integración y competencia en el mercado externo.

En la Costa, el primer gran cambio tecnológico consistió en la tecnificación del riego por goteo,<sup>26</sup> combinada con la plasticultura,<sup>27</sup> que permite regar tierras con un mayor ahorro de agua a diferencia del método tradicional por inundación.<sup>28</sup> El segundo gran cambio tecnológico, tiene que ver con la planta misma. Nuevas variedades de semilla permitieron mejorar la calidad del producto logrando cubrir nichos de mercado muy selectos. El tercero, con la creación de invernaderos<sup>29</sup> y casas-sombras para cultivar todo el año productos que se venden como “naturales u orgánicos”, gracias al perfecto control de calidad que se logra. El cuarto y último cambio tiene que ver con la mecanización de una parte importante de los campos e instalación de moderna infraestructura (de enfriado y empaque), así como un mejor manejo post-cosecha (normas de calidad para la exportación) que aumentó la calidad y presentación del producto para su venta en los distintos mercados.

Un ejemplo visible del salto tecnológico es la producción de uva de mesa en la región, que por ser una mercancía altamente globalizada, es en donde se han concentrado los mayores esfuerzos tecnológicos de la modernización agrícola, como son: nuevas variedades más productivas, sofisticados sistemas de riego para optimizar el uso del agua y la aplicación de fertilizantes, mejoras en fitosanidad, cuartos de enfriamiento, instalaciones de empaque, mano de obra especializada, normas o certificados de calidad y transporte adecuado. Estos avances tecnológicos, han colocado a la Costa de Hermosillo como una de las principales regiones productoras de uva de mesa en el país, así como también han catapultado a ciertos productores hacia los mercados mundiales más selectos y de mayor valor.

Sin embargo, entre los productores existen marcadas diferencias productivas-tecnológicas, generando problemáticas tanto en acceso, adaptación y competencia. Como menciona Bracamonte et al. (2007), existen agricultores que trabajan manteniendo viejos esquemas productivos, debido posiblemente

---

<sup>26</sup> El sistema de riego por goteo consiste en que el agua cae gota a gota en cada una de las plantas por medio de una red de tuberías. Actualmente, existe un sistema subterráneo de irrigación con cintas en vez de tubería de tipo convencional. Este sistema, conocido como “fertirrigación”, deposita el agua directamente en el área de las raíces, evita que el fruto esté en contacto con la humedad, permite un mejor manejo de las plagas y un fácil manejo de la fertilización. Con ello, se incrementan los rendimientos, se reducen los costos, y se pueden rescatar variedades que se habían dejado de cultivar a causa del surgimiento de enfermedades endémicas.

<sup>27</sup> Esta nueva tecnología de irrigación consiste en tender sobre el suelo una cinta de plástico negro de unos 80 centímetros de ancho (el alcohado) con perforaciones para permitir el trasplante de la plántula. Tiene como ventajas la disminución de la maleza, la disminución en el uso de herbicidas, la conservación de la humedad y ahorro de agua, el aflojamiento de los suelos y un efecto “pasteurizador” porque protege el producto de los parásitos, a la vez que permite también el óptimo aprovechamiento de nutrientes.

<sup>28</sup> El método de riego por inundación consiste en cubrir de agua, casi hasta el tope, los surcos que rodean los cultivos.

<sup>29</sup> Según el Censo agropecuario elaborado por INEGI en 2007, se registró la existencia de 18 127 invernaderos registrados en Sonora.

a la falta de condiciones para su especialización tecnológica y productiva. Por lo tanto, la producción agrícola de exportación se ha concentrado entre los productores más capitalizados, lo que provoca una agricultura de contrastes.

### *Comercialización de la producción agrícola*

Respecto a la comercialización de la producción agrícola en la Costa de Hermosillo, a partir del nuevo escenario comercial, que significó la apertura comercial con la firma del TLCAN en 1994, éste representó para algunos productores el instrumento que les brindaba acceso al mercado agrícola más grande del mundo, pero también el reto de una mayor competencia que no podía ser enfrentada sino con un sector cada vez más tecnificado, eficiente y capitalizado.

Como parte de una cadena global de mercancías,<sup>30</sup> la producción del trigo, hortalizas y frutales es actividad altamente globalizada, en la que los productores deben tener la capacidad para demandar insumos y factores de producción provenientes de cualquier parte del mundo y, al mismo tiempo, mantener múltiples interrelaciones con otros actores, muchos localizados en distintos lugares del país y del planeta.

A partir del trabajo de campo realizado se detectó que, los productores de hortalizas y frutales (calabaza, sandía, melón y uva de mesa) en la Costa de Hermosillo, comercializan sus productos a través de dos mecanismos: el primero y el más generalizado es por medio de un previo contrato con un intermediario internacional (*bróker*), el cual, desempeña el papel central en la definición de qué, cuándo y cómo producir; y el segundo mecanismo corresponde a la comercialización directa sin intermediario por parte del productor a través de su propia empresa comercializadora y con sus propias marcas, así como con oficinas en los principales puntos de venta fronterizos del estado.<sup>31</sup>

Por otro lado, los productores de trigo de la Costa (en su mayoría productores ejidales y colonos que carecen de estímulos para explorar otras alternativas), realizan la venta de su producción con previo acuerdo con la industria molinera regional. Estas empresas se encargan de habilitar financieramente al productor, desde un inicio en la producción del grano, con la finalidad de acaparar dicha producción. Pero esto resulta en una limitante para el productor de trigo pues no tiene el control sobre el precio de su cosecha, ni la capacidad de fijarlo o de modificarlo como empresa.<sup>32</sup>

Cabe señalar que, el flujo comercial de la producción agrícola de la Costa de Hermosillo hacia Estados Unidos o a otras partes del mundo, depende de un sistema de intermediación que tiende a concentrarse en la frontera con Nogales y Río Rico, en Arizona.

Como parte del proyecto de modernización, han aparecido organismos empresariales para la comercialización a partir de asociaciones de productores,<sup>33</sup> tanto del sector social como del privado, lo que habla de alianzas estratégicas que les permiten involucrarse en proyectos de inversión en el agro, particularmente en rubros caracterizados por una alta rotación de capital.

---

<sup>30</sup> Una cadena global de mercancías (CGM) consiste en un conjunto de redes interorganizacionales aglutinadas en torno a la producción de una mercancía o producto a nivel mundial. Las cadenas de mercancías tienen cuatro segmentos: aprovisionamiento de materias primas, producción, exportación y comercialización (Gereffi 2001).

<sup>31</sup> Bracamonte et al. (2007), indica que esta conducta habla de una *nueva cultura organizacional y empresarial* entre los agricultores de la Costa de Hermosillo, que comprende estrategias de trabajo que buscan adaptar a los productores agrícolas a las condiciones de un mercado más competitivo y cambiante.

<sup>32</sup> Según Valle (2002), el problema de comercialización en el trigo es la forma de fijar el precio de venta, ya que se liga a los precios internacionales que se toman como referencia para llegar a un precio final a través de negociaciones entre industriales y productores, en las que el gobierno juega un papel de mediador.

<sup>33</sup> En la actualidad operan en la región diferentes organismos como: la Asociación de Organismos Agrícolas del Norte de Sonora (AOANS), que a su vez, agrupa a otras asociaciones como: Asociación Agrícola Hermosillense, Asociación Agrícola Local de Productores de Cítricos de los Municipios de Hermosillo y Carbó Sonora, Asociación Agrícola Local de Productores de Hortalizas, Frutas y Legumbres de Hermosillo, Asociación Agrícola Local de Productores de Uva de Mesa, Asociación de Viticultores de Hermosillo, Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 051 de Hermosillo, Asociación Agrícola Local Productora de Nuez de la Costa de Hermosillo y Unión de Colonos Agropecuarios del Municipio de Hermosillo.

La actividad agrícola regional aunque está apoyada financieramente por el gobierno,<sup>34</sup> depende cada vez más del financiamiento otorgado por las compañías extranjeras ubicadas en los Estados Unidos, quienes a través de sus agentes comerciales otorgan no solo recursos monetarios, sino además insumos y asesoría técnica en la producción, así como apoyo logístico para la exportación. El control logístico incluye decidir aspectos como el aseguramiento, contratación y tramitación con agencias aduanales, gestionando y administrando los trámites del proceso de exportaciones. Controlan el monitoreo, las cuotas, tarifas arancelarias y establecen las rutas de transportación. Esto margina al productor en incursionar en uno de los procesos que exigen un mayor conocimiento y desarrollo de experiencia.

En suma, las repercusiones del proceso de apertura comercial para los productores de la Costa de Hermosillo han sido múltiples, pero el más importante pudiera ser que el poder de negociación de las comercializadoras extranjeras rebasó al de los productores. Ante tal desventaja, se ha propiciado el desarrollo de nuevas estrategias comerciales orientadas a mantenerse o alcanzar un mejor y óptimo desempeño en el mercado.

Los mecanismos practicados por los productores para lograr una mejor colocación de la producción, no se han concretado ya únicamente en la simple venta una vez que tienen la cosecha, como sucedió durante los primeros años de apertura comercial, sino que ahora buscan prever la saturación del mercado, obtener mejores precios, reducir costos, retener y asegurar a los compradores, a fin de lograr mejores condiciones de comercialización.

Por lo tanto, ante una mayor complejidad en el proceso de comercialización e interrelación que imponen las distribuidoras y comercializadoras transnacionales a los productores y empresas regionales, les resulta cada vez más difícil entrar en los mercados debido a la complejidad de la dinámica comercial de alimentos, junto a un ambiente económico competitivo, resultando en una mayor polarización de este rubro en ciertos agentes comerciales.

### *El uso del agua en los principales cultivos*

Uno de los factores clave de la modernización agrícola en la Costa de Hermosillo, además de los anteriores, ha sido el uso relativamente eficiente del agua en la producción agrícola. Este ha requerido la tecnificación de la región. En la actualidad, se cuenta con más de 27 mil hectáreas con sistemas de riego tecnificado, de las cuales aproximadamente 10 mil hectáreas pertenecen a la uva de mesa, 6 mil hectáreas son de nogal y cerca de 12 mil hectáreas de hortalizas, cítricos y forrajes (SAGARPA 2011).

No obstante, a pesar de que ha sido en los cultivos como la uva de mesa y el nogal donde más se han concentrado los esfuerzos de la tecnificación, se hubiera esperado que el uso del agua por hectárea disminuyera, pero este ha conservado una tendencia a la alza en los últimos años.<sup>35</sup>

Como se observa en la figura siete, los cultivos de nuez y uva de mesa destacan por su incremento en el uso del agua por hectárea en los últimos diez años.<sup>36</sup> En el caso del cultivo del trigo y garbanzo, se observa un equilibrio en el uso del agua por hectárea, esto probablemente por su cada vez menor presencia en el patrón de cultivos actual de la región.

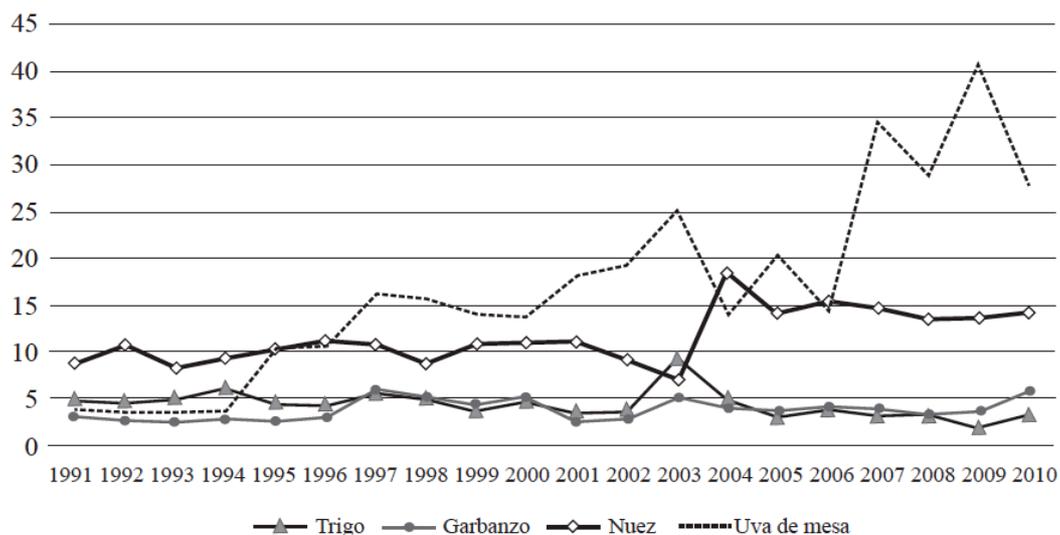
---

<sup>34</sup> Los principales apoyos gubernamentales consisten en ayuda para la tecnificación de riego y la modernización de la maquinaria agropecuaria, así como subsidios en el uso de energía eléctrica y diesel agropecuario. Boletín SAGARPA, noviembre de 2011.

<sup>35</sup> Este aumento en el uso del agua se debe, como menciona Olavarrieta (2010), a los beneficios del subsidio a la energía eléctrica con tarifas preferenciales para las actividades agrícolas, con el fin de estimular la producción de alimentos y hacer rentable la agricultura. Este estímulo provoca que se preñan además las bombas eléctricas que extraen el agua de los pozos.

<sup>36</sup> Según Olavarrieta (2010), durante la última década han aumentado las láminas de agua utilizadas en los principales cultivos (trigo, uva de mesa, nuez y garbanzo). Tan sólo, en el ciclo 2006-2007, el 60 por ciento del agua utilizada se empleó para estos cultivos.

Figura 7. Costa de Hermosillo: Uso del agua en los principales cultivos, 1991-2010 (mm<sup>3</sup>/Hectárea)



Fuente: elaborada con base en datos de CONAGUA 2012.

Esta situación corrobora que la consolidación del nuevo patrón de cultivos en la región ha sido, en buena medida, a costa de la sobreexplotación y contaminación del manto acuífero del cual se nutre la región (como lo fue también en el periodo de la expansión agrícola 1940-1960), a pesar de las restricciones en la extracción del agua y de los esfuerzos en la tecnificación de los sistemas de riego.<sup>37</sup> Así, la disponibilidad del agua en la región se torna estresante y crítica, la calidad es menos apropiada y las actividades productivas y los grupos de usuarios compiten cada vez más por el líquido, poniendo en peligro la planeación de una actividad agrícola económica y ecológicamente sustentable.

También, la irregularidad en el uso del agua es producto de la desigual conformación de los productores, pues son sólo los más capitalizados los que han instalado en mayor proporción sistemas de riego adecuados, a comparación de productores con menos capital, que no cuentan con sistemas de riego ahorradores de agua.

#### *Balace general de la modernización agrícola*

En general, el proceso de modernización agrícola en la Costa de Hermosillo, iniciado en la década de 1980, y que continúa hasta la actualidad, ha logrado consolidar un nuevo patrón de cultivos de exportación, que ha ido acompañada de un fuerte proceso de tecnificación de la producción, nuevas formas de comercialización y un amigable uso de los recursos naturales. Actualmente esta región contribuye económicamente con más del 50 por ciento de las exportaciones agrícolas del estado, con el 30 por ciento del valor de la producción agrícola estatal, y más del 30 por ciento de los empleos generados en la entidad (AOANS 2007).

Simultáneamente, éste proceso ha atraído nuevas inversiones (básicamente de capital transnacional<sup>38</sup> y en menor medida de capital privado nacional), así como también, tiene un relativo mejor

<sup>37</sup> Para un análisis detallado de la eficiencia del uso del agua en la agricultura de la región ver: Moreno 2006.

<sup>38</sup> Según Wong et al. (1994), la empresa transnacional, principal responsable de estos flujos, multiplicó su presencia en los valles agrícolas bajo normas de producción y competitividad distintas a las del pasado. Su atención se centró en controlar de manera más eficiente y rigurosa todo el círculo de relaciones económicas que abarcaban los sistemas productivos, desde la siembra y procesamiento de productos hasta su venta en los mercados finales. Según INEGI (2012), entre 1999 y 2011, Sonora recibió en el sector agrícola el tres por ciento de toda la inversión extranjera directa en el estado.

aprovechamiento de los programas gubernamentales de apoyo al agro. Además, se han desarrollado nuevas acciones entre las empresas de intermediarios y comercializadores internacionales, derivado de una nueva cultura empresarial-organizativa, nuevos convenios entre los productores con algunas casas comerciales para obtener descuentos en insumos, nuevos créditos y exenciones de impuestos para crear fábricas propias de insumos agrícolas (uniones de crédito). Por igual, existen nuevos esquemas de vinculación entre los productores y sus distribuidores (*brókers*) a través de la asociación con empresas ubicadas en los mercados a los que exportan su producción y, por último, nuevos servicios de almacenamiento, transporte, certificación, asesoría legal, etc.

Además, se ha logrado mejorar la presentación de los productos, a través de nueva infraestructura de empaque, así como aumentar la vida de anaquel o de almacenamiento de los productos, mejora del cuidado sanitario en el proceso de cultivo y empaque (sobre todo de hortalizas). También, las empresas y grupos de capital regional, nacional y sobre todo extranjero, imprimieron un perfil altamente especializado a la producción de alimentos al desarrollarse industrias como la vitivinícola, harinera, panificadora, galletera y de pastas, aceitera, de alimentos preparados para animales y la de empaque de carnes, entre las más importantes. De igual forma, la intensificación del tráfico de productos hortofrutícolas ha crecido, básicamente gracias a la relación establecida principalmente con comercializadores de Estados Unidos.

Pero, también es preciso reconocer que los logros de la modernización agrícola en la Costa de Hermosillo han provocado desequilibrios, el principal de ellos es que dicha reconversión ha sido sinónimo de la modernización del sector exportador en detrimento del desarrollo de la producción para el mercado doméstico. Asimismo, la reconversión agrícola en la Costa de Hermosillo ha impulsado de manera deficiente la producción regional de insumos agrícolas necesarios para el desarrollo de las actividades agrícolas, provocando que un alto porcentaje de insumos se importen; otro elemento es que la configuración del actual patrón de cultivos se ha diversificado en pocos, construyendo la dinámica agrícola, pues está muy escasamente relacionado con una agroindustria regional que dé mayor valor agregado a la producción.

Incluso, persiste una problemática social caracterizada por: concentración de la tierra y en especial del agua, por medio de la compra de pozos de agua (que ha generado un mercado negro del agua); descapitalización de los ejidos y colonos, en contraste con la creciente capitalización de los grandes productores/empresarios,<sup>39</sup> y por ende, una latente exclusión y marginación de los productores menos capitalizados; marcadas diferencias tanto en el nivel productivo como tecnológico entre los productores; mayor dependencia financiera de los productores hacia los proveedores (nacionales y extranjeros) y de los subsidios gubernamentales; subempleo y desempleo en los jornaleros;<sup>40</sup> presión sobre la tenencia de la tierra de los ejidos y colonos, y la diversificación del patrón de cultivos que ha significado un desplazamiento de la producción de granos básicos a la de productos comerciales y de exportación. Por último, el proceso de reconversión no ha tenido un sentido sustentable pleno en términos ecológicos, pues de origen es una estrategia que, en primer lugar, es reflejo del desarrollo agrícola que ha consistido en una selección y combinación de elementos y formas de producción y organización basada en los recursos locales de más fácil acceso y bajo costo para lograr competitividad en el mercado. La conjugación de estos factores podría provocar, en un futuro, mayores asimetrías externas e internas con las consecuentes repercusiones en los productores agrícolas y el desarrollo de la región.

---

<sup>39</sup> Según Pérez (2011), el mayor beneficio de la modernización ha quedado principalmente bajo el control de una élite de empresarios agrícolas (y sus familias) de La Costa, que se han enriquecido y fortalecido.

<sup>40</sup> Para conocer a fondo la problemática de jornaleros y trabajadores migrantes en la región, puede consultarse: Ortega, I, Castañeda y Sariego (coord.) 2007.

## CONCLUSIONES

La modernización agrícola en la Costa de Hermosillo en los últimos 30 años, como respuesta a un nuevo entorno económico global, ha tenido logros importantes a nivel regional. Este avance se observa en: el crecimiento de la productividad y la producción agrícolas, la consolidación de un nuevo patrón de cultivos para la exportación (uva de mesa, trigo, garbanzo, nuez y hortalizas), la incorporación de sofisticados paquetes tecnológicos (en riego y planta), instalación de moderna infraestructura y mecanización de una parte importante de los campos, un mejor manejo post-cosecha que aumentó la calidad y presentación del producto para su venta en los distintos mercados, así como de un sistema de comercialización perfeccionado a través de la organización de los productores en asociaciones gremiales para contrarrestar la intermediación. Lo anterior, ha propiciado una dinámica que coloca hoy en día a la Costa de Hermosillo como una de las principales regiones agrícolas de exportación del estado y del país, y ha permitido a los productores/empresarios agrícolas alcanzar relativamente una mayor competitividad e integración comercial.

En cierta medida, la consolidación del proceso de modernización agrícola en la Costa de Hermosillo, se debe a la incorporación de nuevas tecnologías para la producción agrícola, principalmente para exportación, cuyos pilares básicos han sido semillas mejoradas, la plasticultura, la fertirrigación y el uso de agroquímicos. Algunos productores han incursionado recientemente en otras tecnologías, por ejemplo, invernaderos y manejo post-producción. Sin embargo, aún coexisten tanto los modos más tradicionales de producción como los más modernos, dando como resultado una agricultura de contrastes.

En un grado apreciable, la estrategia de modernización agrícola implementada en la Costa de Hermosillo en Sonora, a pesar de haber impulsado relativamente la demanda interna de la región, se observa como una estrategia transnacionalizada, que ha generado que la región sea un enclave orientado más a la exportación que al mercado regional o nacional, lo cual, provocó que la actividad agrícola se haya integrado en parte a la llamada “cadena agroindustrial global” controlada por las empresas transnacionales del agronegocio, que abarcan la producción de insumos, tecnología, producción agrícola, procesamiento de productos y comercialización, convirtiéndose en fuente de acumulación para éstas y de un número reducido de productores.

Por último, como el contexto mundial está dominado por la globalización, se propone hasta cierto punto, una estrategia de especialización en la exportación, pero con una inserción más activa. Para ello, se recomienda poner en práctica un esquema de modernización productiva más competitivo en la región con el fin de alcanzar mayores niveles de desarrollo económico y social. La acción central en materia de reconversión sería lograr un mayor equilibrio entre la diversificación de cultivos, los recursos naturales, su orientación comercial y su impacto socioeconómico.

En este sentido, es necesario generalizar la tecnificación del riego, en especial en los cultivos básicos como el trigo o sustituirlo por otros cultivos, pero conformados por granos básicos y oleaginosas. Pueden explorarse opciones como la canola, girasol, garbanzo y papa; estos cultivos requieren menos agua, tienen buenos rendimientos, bajos costos de producción y una alta demanda nacional e internacional. Respecto a hortalizas, es necesario aumentar la superficie tecnificada, con invernaderos y casas-sombras que hagan mejor uso de los recursos, sobre todo hídricos; así como buscar cultivos alternativos como los orgánicos que constituyan una oportunidad de crecimiento en los mercados ante la saturación de otros. Continuar con la modernización de la infraestructura y maquinaria agrícola con el fin de aumentar la productividad. Mejorar la infraestructura de transporte, carreteras, caminos y brechas. Un mejor manejo sustentable del acuífero de la Costa de Hermosillo mediante la modernización de la infraestructura hidráulica, como los equipos de bombeo y medición, canales de riego, una mejor campaña de tecnificación del riego en la región, así como la regularización del padrón de usuarios del agua. Nuevos canales de comercialización que empoderen a la mayoría de los productores. Buscar la generación de mayor valor agregado en la producción de exportación mediante una industria rural. Incorporación de innovaciones biotecnológicas ligadas a las necesidades de la

región. Mayor vinculación de la actividad agrícola con las universidades y centros de investigación, con el fin de diseñar de mejor forma una estrategia agrícola integral. Políticas públicas que mejoren las condiciones laborales de los trabajadores agrícolas de la región. Finalmente, una condición necesaria para que esa reconversión avance es mejorar las fuentes de financiamiento a los productores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Almada Bay, Ignacio. 2011. *Sonora. Historia breve*. México: El Colegio de México-Fondo de Cultura Económica.
- Asociación de Organismos Agrícolas del Norte de Sonora. A.C. (AOANS). 2007. *Visión y Rumbo, unidos en una sola dirección*. Número 10. Hermosillo, Sonora. México.
- Ayala Garay, Alma Velia, Rita Schwentesius Rindermann y Benjamón Carrera Chávez. 2012. Hortalizas en México: competitividad frente a EE.UU. y oportunidades de desarrollo. *Revista Globalización, Competitividad y Gobernabilidad* 6 (3).
- Bartra, Armando. 1985. *Los Herederos de Zapata*. México: era.
- Bracamonte, S. Alvaro, Norma Valle y Rosana Méndez. 2007. *La nueva agricultura sonorense: historia reciente de un viejo negocio*. *Región y sociedad* XIX, Número especial.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2012. Información estadística. Organismo de Cuenca Noroeste. Distrito de riego núm. 051-Costa de Hermosillo.
- Gereffi, Gary. 2001. Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización. *Problemas del Desarrollo* 32 (125).
- Gobierno del Estado de Sonora. 1985. *Historia General de Sonora. Vol. 5: Historia Contemporánea de Sonora 1929-1984*. Hermosillo, Sonora.
- Hewitt de Alcántara, Cynthia. 1999. *La modernización de la agricultura mexicana, 1940-1970*. México: Siglo XXI.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2012. *Boletín de información oportuna del sector alimentario*. Núm. 319. México.
- Lara, Sara María y Hubert C. De Grammont. 1999. Reestructuración productiva y mercado de trabajo rural en las empresas hortícolas. En *Empresas, reestructuración productiva y empleo en la agricultura mexicana*. México: IIS-UNAM/Plaza y Valdés.
- Martínez Rodríguez, José María. 1999. Los colonos de la Costa de Hermosillo: Origen, desarrollo y perspectivas. Tesis de maestría. Chapingo.
- \_\_\_\_\_. 2002. Acuíferos y libre comercio: El caso de la Costa de Hermosillo. Red Fronteriza de Salud y Ambiente, Hermosillo, Sonora, México, Texas Center for Policy Studies, Austin, Texas.

- Maya Ambía, Carlos. 2004. *Horticultura de exportación y competencia global. El caso de la berenjena mexicana*. México: Plaza y Valdés/UAS/COECYT.
- Molina, Tania y Ricardo Zárate. 2009. *La industrialización orientada a la exportación: ¿Una estrategia de desarrollo para México?*. México: Siglo XXI Editores/ UNAM/ IIEC.
- Moreno, J. L. 2006. *Por debajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945-2005*. México: El Colegio de Sonora.
- Murrieta, J. 2003. *Sistemas agroforestales como una alternativa para los terrenos agrícolas abandonados en la Costa de Hermosillo, Sonora*. Escuela de Recursos Naturales Renovables, Universidad de Arizona.
- Noriega, A. 2010. *Cien años de la Costa de Hermosillo, Sonora, México*. México: Editorial Garabatos.
- Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable del Estado de Sonora (OEIDRUS). 2012. *Información estadística 2011-2012*. Hermosillo, Sonora, México.
- Olavarrieta, M. V., C. J. Watts y J. A. Saiz. 2010. Beneficios de la cuota energética. Estudio de caso de la Costa de Hermosillo, Sonora, México, 2006-2007. *Región y sociedad* XXII (47).
- Ortega, I, A . Castañeda y J. L. Sariego, (coord.). 2007. *Los jornaleros agrícolas, invisibles productores de riqueza*. México: CIAD, Fundación Ford-Plaza y Valdés.
- Pérez López, Emma Paulina. 2011. *Los sobrevivientes del desierto: Producción y estrategias de vida entre los ejidatarios de la Costa de Hermosillo, Sonora. (1932-2010)*. Tesis de Doctorado. UAM-Xochimilco.
- Robles Parra, Jesús y Cristina Taddei Bringas. 2004. La industria vitivinícola en Sonora. En: *La Industria en la Historia de Sonora*. Sociedad sonorensis de historia, Sonora, México.
- Salazar, Solano Vidal, Sergio Sandoval y Pablo Wong. 1999. *Los intermediarios comerciales en la agricultura sonorensis de exportación. Estudios Sociales*.
- Sandoval Cabrera, Seyka V. 2010. La crisis del patrón de especialización agrícola en México. *Revista Refundación*.
- Schwentesius, R. y Gómez M. A. 2000. Tendencias de desarrollo del sector hortofrutícola de México. En Schwentesius y Gómez (coord.) *Internacionalización de la Horticultura*. México: Grupo Mundi-Prensa, Universidad de Chapingo.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2011. *Plan Rector 2011-2013, Distrito de Desarrollo Rural 144-Hermosillo*. Hermosillo, Sonora, México.
- Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). 2010. *Datos estadísticos*. México.

Valle Dessens, Norma. 2002. Estrategias de comercialización de los productores de trigo del Valle del Yaqui, ante los impactos del Tratado de Libre Comercio. Tesis de Maestría, Colegio de Sonora.

Wong, Pablo, Sergio Sandoval y Jorge León. 1994. Especialización regional y reestructuración del sector agrícola de Sonora, México. En Shoko Doode y Emma Paulina Pérez, *Sociedad, Economía y Cultura alimentaria*. México: CIAD/CIESAS.

# CAPACIDAD DE ABSORCIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN LA INDUSTRIA PORCÍCOLA SONORENSE

Julio Alfonso Morales Mendivil<sup>1</sup>

Alvaro Bracamonte Sierra<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

La industria porcícola en el estado de Sonora se consolidó esencialmente durante la década de los 70 del siglo pasado al fundarse dos de las empresas productoras y comercializadoras de carne de cerdo más importantes de la actualidad: ALPRO en 1972 (hoy NORSON) y Grupo PIZA en 1975 (hoy SASA). No obstante, la década siguiente es la que marcó un punto de referencia en el desarrollo de la actividad. Primero, porque la crisis económica que afectó a todos los sectores repercutió especialmente al porcícola, la cual, observó, a partir de 1984, una severa reducción en sus volúmenes de producción. En segundo lugar, porque esas mismas dificultades impulsaron una significativa reorganización expresada en un proceso de diversificación de productos y mercados que permitieron no solo sobrevivir, sino participar favorablemente en una actividad altamente competitiva; al 2011, la producción y exportación de carne de cerdo en Sonora representó el 18.6 por ciento y 81 por ciento del total nacional respectivamente.

El presente ensayo tiene por objeto establecer las coordenadas que explican la competitividad porcícola de la entidad. Al respecto, se considera que dicha competitividad está íntimamente asociada al desarrollo de un ambiente innovador, materializado en nuevos productos y procesos productivos que a su vez se explican en virtud de las capacidades humanas y tecnológicas (capacidad de absorción) formadas a través de los años.

El trabajo se integra en tres apartados: en el primero se hace una revisión teórica acerca de la innovación como detonante de crecimiento y prosperidad; tanto a nivel microeconómico, reflejado en la competitividad empresarial, como al macroeconómico, que se manifiesta en el desarrollo y bienestar de los países. También se analiza cómo las condiciones de la innovación conducen a desarrollar y explotar capacidades de absorción expresadas en la incorporación de una eficiente base tecnológica mediante los procesos de transferencia y difusión de conocimiento.

En el segundo, se realiza una comprobación contextual de la actividad porcícola, tanto en su entorno nacional como local, que es finalmente el ámbito que más interesa para efectos de este documento; en el tercer y último apartado se presentan los resultados obtenidos del trabajo de campo realizado en seis empresas porcícolas ubicadas en el estado de Sonora. En primer lugar se describe la metodología utilizada para obtener la información y posteriormente se exponen los resultados derivados de esa exploración empírica.

---

<sup>1</sup> Maestro en Ciencias Sociales por El Colegio de Sonora. Correo electrónico: julioam78@hotmail.com

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma Metropolitana. Profesor-Investigador Titular de El Colegio de Sonora. Correo electrónico: [abraca@colson.edu.mx](mailto:abraca@colson.edu.mx)

*Situación contextual de la innovación*

En los últimos treinta años la cantidad de inventos y descubrimientos, así como los flujos de información y conocimientos generados, han alcanzado niveles impensables hasta hace poco tiempo: este acelerado proceso ha sido apuntalado por un fenómeno al que los especialistas llaman globalización.<sup>3</sup> La globalización ha obligado a las personas, empresas y países a ser más eficientes en lo que hacen, a desarrollar nuevos productos y/o procesos, incitando también a desarrollar nuevas industrias, diversas formas de integrarse, interactuar y de comercializar, por citar algunos aspectos.

Actualmente los actores económicos trabajan en un entorno donde las actividades se realizan con una asombrosa agilidad debido a los alcances en los sistemas de comunicación y de transporte; David y Foray (2002, 472) mencionan que a esta época se le ha llamado “economía basada en el conocimiento” caracterizada por la acelerada velocidad con la que el conocimiento se crea, acumula y, muy probablemente, deprecia rápidamente, en términos de relevancia y valor económico.

Señalan que hoy en día las desigualdades en la productividad y el crecimiento de los países tiene mucho menos que ver con la abundancia o falta de recursos naturales que con la capacidad de mejorar la calidad del capital humano y de los factores de producción (Ibid., 473); ante este escenario, los participantes de la economía están obligados a desarrollar acciones efectivas y permanentes que les permitan hacer frente a la intensa competencia global, y donde la innovación, el conocimiento y el uso intensivo de la tecnología juegan un papel fundamental.

En el Manual de Bogotá<sup>4</sup> se menciona que el escenario competitivo actual se caracteriza por la rápida obsolescencia de conocimientos y procesos, donde los bienes y servicios especializados ocupan un lugar importante en el gusto de los consumidores y en el comercio internacional, por lo que se ha extendido y popularizado la idea de que la innovación (sobre todo la tecnológica) es la llave maestra para el éxito de los países en general y de las firmas industriales en particular (RICYT/OEA/CYTED/COLCIENCIAS/OCYT 2001).

*Procesos de innovación*

El Manual de Oslo<sup>5</sup> resalta que los estudios y trabajos especializados sobre el crecimiento y desarrollo económico en las décadas recientes, nos señalan que la producción, la explotación y la difusión del conocimiento son indispensables para alcanzarlo, y otorgarles mayor bienestar a los habitantes de las naciones (OCDE/European Communities 2005, 5). Ante esto, la necesidad de innovar se está volviendo cada vez más fuerte al tiempo que tiende a convertirse en el único medio para sobrevivir y prosperar en economías muy competitivas y globalizadas, lo que obliga a que las compañías, así como la sociedad en general, inviertan más tiempo y energía en producir y ajustarse al ritmo de cambio (David y Foray 2002, 476).

El Manual de Oslo aporta una definición muy precisa e incluyente sobre el concepto de innovación al considerarla como “la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), proceso o método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores (OCDE/European Communities 2005, 56). Partiendo de esta definición, es posible

<sup>3</sup> La globalización se caracteriza por una intensa integración económica y financiera entre países (Rodrik 2011, 279); o como la define Beck (1998) por la interacción y unión de naciones a través de actores transnacionales con sus respectivas probabilidades de poder, orientación, identidades y diversas consecuencias.

<sup>4</sup> Este Manual mide la Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina. Se le considera un hito en la formulación conceptual de los procesos de desarrollo tecnológico e innovación en los países de América Latina y el Caribe. Fue elaborado en conjunto por la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), la Organización de Estados Americanos (OEA) y el Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

<sup>5</sup> Este Manual fue elaborado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Comisión Europea (EUROSTAD) cuya finalidad es medir e interpretar los datos relativos a la ciencia, tecnología y la innovación.

sostener que la innovación no atañe exclusivamente a la línea de producción y es ubicua, es decir, surge en cualquier actividad social o económica; tampoco se circunscribe a un invento novedoso ya que una gran parte de las innovaciones resulta de nuevas combinaciones de elementos ya conocidos o de nuevos usos, o de la creatividad en la concepción de los productos (Comisión Europea 1995, 9).

Como se puede apreciar en el párrafo anterior, la definición elaborada por el Manual de Oslo abarca cuatro ámbitos de la innovación: de producto,<sup>6</sup> de procesos,<sup>7</sup> de mercadotecnia<sup>8</sup> y de organización.<sup>9</sup> Para que haya innovación hace falta como mínimo que el producto, el proceso, el método de comercialización o el método de organización sean nuevos (o significativamente mejorados para la empresa), no importando que ya existan en la industria, en otras empresas o en el mercado (OCDE/European Communities 2005, 57).

La innovación es un proceso ubicuo y multifactorial, esto es, que surge en cualquier parte y sus determinantes son múltiples. Sin embargo, a nivel microeconómico, es decir, a escala de la empresa, se asume que el potencial innovador se favorece cuando la firma cuenta con capacidades de absorción y de transferencia tecnológica. En el siguiente subapartado se abordan estos conceptos que son básicos para comprender la dimensión innovativa de la empresa.

### *Capacidades de absorción y transferencia tecnológica*

Las actividades de innovación abarcan todas las decisiones y desarrollos científicos, tecnológicos, organizacionales, financieros y comerciales que se llevan a cabo al interior de la empresa, incluyendo las inversiones en nuevos conocimientos (RICYT/OEA/CYTED/COLCIENCIAS/OCYT 2001, 34). Una innovación no tiene que ser desarrollada por la empresa misma, sino puede ser adquirida de otras o de instituciones mediante el proceso de difusión (OCDE/European Communities 2005, 24); la difusión representa el elemento central de la innovación, ya que sin ella una innovación no tendría ningún impacto económico.

En el Manual de Bogotá se establece que la capacidad de la empresa para reconocer y aprovechar las oportunidades que el mercado le ofrece, así como saber y combinar eficientemente los factores en función de esas oportunidades, es la forma en que la innovación puede ser efectiva para la firma (RICYT/OEA/CYTED/COLCIENCIAS/OCYT 2001, 23). En ese sentido, desarrollar capacidades de absorción y capacidades tecnológicas es elemental para las firmas, ya que ello involucra un mejoramiento de la tecnológica y especialización del capital humano.

La capacidad de absorción (CA) es un conjunto de rutinas organizacionales y procesos mediante los cuales las empresas adquieren, asimilan, transforman y explotan el conocimiento para producir una capacidad organizativa dinámica (Zahra y George 2002). Zahra y George consideran cuatro características importantes de la CA y sugieren que las cuatro deben complementarse mutuamente para influir en las habilidades de la empresa para crear y desplegar conocimientos necesarios para desarrollar otras capacidades organizativas. De aquí que la CA de la empresa también estará en función de la de sus miembros individuales (Matusik y Heeley 2005).

A nivel empresarial, Matusik y Heeley señalan que la capacidad de absorción se relaciona con el aprendizaje, el cual, es producto de la interacción que la empresa y sus integrantes tengan con el entorno

---

<sup>6</sup> Es la introducción de un bien o servicio nuevo, o significativamente mejorado en cuanto a sus características o al uso al que se destina: nuevos materiales, mejoras en el diseño y diversificación de productos, creación de marcas, etcétera.

<sup>7</sup> Es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, proceso de producción o distribución: instalación de nuevos equipos, nuevas instalaciones o mejoras en la línea de producción actual, control de calidad, informatización.

<sup>8</sup> Es la aplicación de un nuevo método de comercialización que implique cambios significativos del diseño o el envasado de un producto, su posicionamiento o su tarifación. Busca abrir nuevos mercado y/o posicionar el producto.

<sup>9</sup> Es la introducción de un nuevo método organizativo en las prácticas, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores de la empresa. Busca reducir costos administrativos o de transacción y/o aumentar la productividad.

(Ibid.). Éste puede ser tanto al interior de la misma empresa, en las diferentes áreas o departamentos, como hacia el exterior, con los diversos agentes que integran el Sistema Nacional de Innovación.<sup>10</sup>

Para Cohen y Levithal (1990) la CA es aquella que tiene la empresa para evaluar información y conocimiento útil del entorno y, a su vez, asimilarlos y explotarlos en nuevos productos, servicios o procesos. En el mismo sentido, Kim (1998) menciona que la CA requiere de capacidad de aprendizaje y de resolución de problemas; la primera es la aptitud de asimilar conocimiento (orientada a la imitación), y la segunda es la cualidad de crear nuevo conocimiento (orientada a la innovación).

Entonces, la CA se refiere a las diversas capacidades que puede reunir la empresa para ser competitiva: la del recurso humano, que esté abierto y receptivo al nuevo conocimiento de acuerdo con las necesidades de la empresa; a las relaciones de la empresa tanto al interior como al exterior de la misma; y, con base a las dos anteriores, adaptar capacidades tecnológicas que fortalezcan la productividad, la generación de nuevos productos, procesos, formas de organización y comercialización, es decir, generar nuevas innovaciones.

Por otra parte, la transferencia tecnológica es otro elemento destinado a fortalecer el desempeño productivo de las empresas. La capacidad de adoptar y/o adaptar nueva tecnología está vinculada a las capacidades de absorción de la empresa, ya que resultaría improductivo e innecesario invertir en la adquisición de estas herramientas si al interior de la firma no la podrán utilizar eficientemente.

En su sentido más amplio, se entiende la transferencia tecnológica como el movimiento y difusión de una tecnología o producto desde el contexto de su invención original a un contexto económico y social diferente. Esto se da a través del comercio, la inversión extranjera directa con utilización de mano de obra local, de licencias otorgadas por las empresas extranjeras a las firmas locales, las cuales, reciben entrenamiento y asistencia técnica, entre otras (Becerra 2004). Desde ese punto de vista, la transferencia tecnológica es una forma de innovar de manera progresiva o incremental, donde las firmas buscan alimentar sus procesos de cambio a través de dar valor agregado a un producto ya existente (Pérez 2002).

La transferencia tecnológica solo será posible en escenarios donde el nivel de aprendizaje tecnológico tenga las condiciones y posibilidades mínimas para operarlas, como es: capacidad de adquirirlas y asimilarlas.

El siguiente paso sería transformarlas y explotarlas para generar nuevas tecnologías. El aprendizaje tecnológico se puede entender como el proceso mediante el cual son incrementados o fortalecidos los recursos para generar y administrar el cambio técnico, es decir, los procesos relacionados con los saberes, habilidades, experiencias y estructuras institucionales (Bell y Pavit 1993).

Por su parte, Cohen y Levithal (1990) aluden que el aprendizaje tecnológico es una función de la CA de la empresa, la cual, se compone de dos elementos principales: la base de conocimientos existente<sup>11</sup> y la intensidad del esfuerzo.<sup>12</sup> Entre más disposición se tenga para el aprendizaje tecnológico, es posible incrementar también la capacidad tecnológica de la empresa. La capacidad tecnológica se refiere a la habilidad para hacer efectivo el uso de conocimiento para asimilar, usar, adaptar y cambiar tecnologías existentes. También permite crear nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y procesos en respuesta al cambio continuo en el ambiente económico (Kim 1997).

En resumen, el nivel de aprendizaje tecnológico está relacionado con la calificación y especialización de la fuerza de trabajo, lo que posibilita, en un alto porcentaje, la llegada o la transferencia técnica que permitirá incrementar la capacidad tecnológica de una empresa; todos estos elementos forman parte de la capacidad de absorción al interior de la empresa, que funcionando eficientemente puede generar un ambiente de constante innovación; que se refleje en nuevos productos, procesos, estrategias de comercialización y de organización.

---

<sup>10</sup> Es el conjunto de instituciones sociales que unidas y cooperando colectivamente entre ellas, influyen, generan y difunden los procesos de innovación (Caballero 2010, 346). Por instituciones sociales se refiere a las empresas, universidades, centros de investigación e instancias de gobierno.

<sup>11</sup> Son las actividades particulares desarrolladas por la empresa, capacitación, aprendizaje, interacciones entre las diferentes áreas de la empresa, interacciones entre la empresa y su entorno (Van den Bosch et al. 1999).

<sup>12</sup> Se refiere a la cantidad de energía que gastan los miembros de una empresa para resolver problemas, es decir, los procesos seguidos por la empresa para socializar o interiorizar la información o conocimientos adquiridos y que estos no se pierdan ni se olviden (Cohen y Levithal 1990).

*Contexto nacional*

La modernización de la porcicultura inicia a partir de 1960, pero es hasta la década siguiente cuando se consolida como la principal actividad dentro del conjunto de tareas pecuarias al introducir un sistema tecnificado que impulsó la producción y el consumo de la carne de cerdo entre la población (Tinoco 2004).

A partir de 1984 la actividad experimenta múltiples dificultades debido al retiro de los apoyos y subsidios federales que, sumado al incremento en el costo de los insumos, terminó por colapsar al conjunto de la industria nacional. Todavía en 1988 se eliminarían a nivel nacional los permisos y aranceles a la importación de la carne, duplicando así la presencia de carne importada, y agravando aún más la ya de por sí difícil situación (Hernández 2000). La crisis en la producción de carne de cerdo se extendió hasta 1994, circunstancia que orilló a que un número considerable de productores decidieran suspender operaciones: permanecieron únicamente quienes contaban con cierta capacidad de organización y tecnificación.

Después de 1995, el sector muestra signos de recuperación interesantes que han sido interrumpidos con ligeros estancamientos, como sucedió entre el año 2000 y el 2005. A pesar de estas complicaciones, México se ubicó en el 2010 como el décimo sexto productor mundial, aunque sin alcanzar aún los volúmenes producidos en 1980 (véase [figura 1](#)).

El dinamismo observado se puede explicar por diversos factores: tasas de crecimiento económico por arriba del tres por ciento anual en toda la década, a excepción de 1995; la incorporación de tecnología parte de los poricultores en prácticamente todas las áreas de la producción (SAGARPA 2000); y un incremento en la demanda mundial de carnes que benefició principalmente al estado de Sonora y en menor medida a Yucatán.

Figura 1. Producción de carne de puerco en México

Año	Producción nacional (Millones de Toneladas)	% en la producción mundial	Posición a nivel mundial
2010	1 174	1.1	16
2005	1 089	1.14	16
2000	1 024	1.18	17
1995	921	1.19	19
1990	757	1.08	ND
1985	1 293	2.15	10
1980	1 250	2.37	9

Fuente: elaboración propia con datos de FAOSTAT.

En lo que se refiere al consumo de la carne de cerdo, México ocupa el segundo lugar entre el tipo de carne más consumida: después de la de pollo y apenas por arriba de la de res, contrario a lo que sucede a nivel mundial, donde la carne porcina es la más apetecida por las personas. Entre los factores que explican esta situación destaca la susceptibilidad que su consumo tiene con el poder adquisitivo de la población, la poca información que se posee sobre los beneficios de consumirla y los hábitos de consumo derivado de las tradiciones y costumbres, donde hay periodos que se reduce el consumo de carnes rojas (véase [figura 2](#)).

Figura 2. Consumo per cápita de carnes en México (Kg.)

Año	Carne de cerdo	Carne de res	Carne de ave
2002	15.4	17.5	23.5
2003	15.9	18	23.9
2005	15.9	17.4	26.7
2008	16.4	18.1	27.6
2010	17.3	17	28.5

Fuente: elaboración propia con información del primer informe de gobierno del presidente Enrique Peña Nieto.

Hasta el 2011 Sonora y Jalisco eran las entidades con mayor capacidad de producción a nivel nacional, seguido de Puebla, Guanajuato y Yucatán. Como se observa en la [figura 3](#), al menos desde el 2001 las dos primeras entidades han compartido el primer lugar en producción; Puebla y Yucatán exhiben un importante crecimiento y Guanajuato en cambio todo lo contrario.

Figura 3. Producción nacional de carne de cerdo por principales entidades 2001-2011 (Miles de toneladas)

Estado	2001	2003	2005	2008	2010	2011
Nacional	1 057.8	1 035.3	1 102.9	1 160.6	1 174.5	1 201.9
Sonora	179.4	201.3	213.4	222.3	213.3	223.6
Jalisco	209.4	199.7	210.2	216.8	221.6	227.5
Guanajuato	100.7	93.2	100.5	103.6	110.4	111.1
Puebla	82.1	72.9	83.4	101.4	109.6	115.2
Yucatán	87.1	81.1	90.4	100.2	98.8	99.1

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la SAGARHPA Sonora y OEIDRUS.

### *Producción local*

Recientemente la producción de carne de cerdo se ha convertido en la actividad pecuaria más importante de Sonora; en 1991 representó el 29 por ciento del total. Para el año 2000 ese porcentaje representó 42 por ciento, debido a una importante expansión en la producción y una drástica caída en la carne de bovino. En el 2010 constituía el 47 por ciento.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Elaboración y análisis propios con información recogida en los anexos estadísticos de los informes de trabajo de los gobernadores del estado de Sonora: Rodolfo Félix Valdez, Manlio Fabio Beltrones Rivera, Armando López Nogales y Eduardo Bours Castelo.

La actividad destaca por ser una industria densamente tecnificada y con alta productividad; es la principal actividad ganadera demandante de granos forrajeros<sup>14</sup> y pastas oleaginosas<sup>15</sup> (SAGARPA 1998).<sup>16</sup> Su expansión ha sido posible pese a que el estado de Sonora comparte frontera con Estados Unidos,<sup>17</sup> y de encontrarse alejada de los mercados nacionales de consumo más importantes del país (Hernández 2000, 111) como la región del bajío y el centro de México; además, es la principal entidad exportadora enviando cortes a Japón, Estados Unidos y Corea.

Un factor que ha sido determinante en el éxito de la porcicultura sonorense y que le ha permitido sobreponerse a un contexto complicado, es la organización<sup>18</sup> lograda entre sus productores y grupos de productores, quienes han podido integrar a la actividad al menos cuatro de las cinco fases del proceso de producción: cría; engorda controlada con base en alimentos balanceados y mezcla de forraje elaborado por su propia planta de alimentos; sacrificio en planta TIF y procesamiento en sala de corte y; comercialización de carne y subproducto (Taddei 2008, 141).

Lo anterior, permite abaratar costos de producción y obtener mejores niveles de conversión alimento/carne, disminuyendo así el gasto en alimentación, el cual, representa la mayor proporción de las erogaciones del productor (SAGARPA 1998, 14). Entre las innovaciones que han impulsado la competitividad de la industria, destacan las de tipo sanitario basado en medidas de bioseguridad, con importantes adelantos en el control de las principales enfermedades de los porcinos, como es la *Fiebre Porcina Clásica* y la *Enfermedad de Aujeszky* (Ibid.).

Parte del éxito de la industria local ha sido la especialización en cortes con mayor valor agregado, adaptándose a las especificaciones determinadas por cada comprador, situación poco explotada por los principales productores mundiales (Hernández 2000).

La característica principal de la producción de carne de cerdo en Sonora, es que se desarrolla en un contexto de sistemas tecnificados de producción,<sup>19</sup> donde las empresas cumplen con los más estrictos estándares zoonosanitarios exigidos por las autoridades nacionales y extranjeras, así como con certificaciones en procesos de higiene, calidad y manejo de alimentos. La industria también es reconocida por ser la más moderna de México al incorporar los avances tecnológicos existentes en el ramo en cada una de las etapas productivas, y de realizar innovaciones en sus diferentes procesos de trabajo, lo que ha sido un elemento medular en el escalamiento competitivo experimentado y en el incremento de la productividad.

La carne que se produce es industrializada en establecimientos Tipo Inspección Federal (TIF)<sup>20</sup> lo que garantiza la calidad e inocuidad. De acuerdo con información proporcionada por el departamento Cerdo Seguro de la SAGARHPA Sonora, en el 2010 se sacrificaron en rastros TIF del estado el 98.4 por ciento del total

---

<sup>14</sup> Según datos de la Unión Regional Ganadera de Porcicultores de Sonora (URGPS), en el 2009 las granjas porcinas de la entidad consumieron granos por el orden de las 750 mil toneladas.

<sup>15</sup> Con datos de la URGPS, en el 2009 se consumieron 150 mil toneladas de estas pastas por parte de la actividad porcícola.

<sup>16</sup> Esta situación también contribuye a impulsar la producción de estos cultivos agrícolas; que por otra parte representa una de las fortalezas de la porcicultura sonorense, ya que no hay necesidad de importarlos o buscarlos en otras entidades. Para mayor información, consúltese la página de internet de SAGARPA, 1998 que aparece en la bibliografía.

<sup>17</sup> Estados Unidos era al 2010 el segundo mayor productor de carne de cerdo y el principal exportador mundial, a quién México le compra más del 80 por ciento de la carne importada (Faostat; Tinoco 2002).

<sup>18</sup> Esta organización se ha dado principalmente de dos maneras: la primera es la creación de la Unión Ganadera Regional de Porcicultores de Sonora (UGRPS) en 1985, constituida por cuatro asociaciones locales; la otra, corresponde a los grupos agroindustriales conformados como sociedades accionarias por los productores, que son empresas privadas con un gran despliegue en la producción e industria del puerco en el estado.

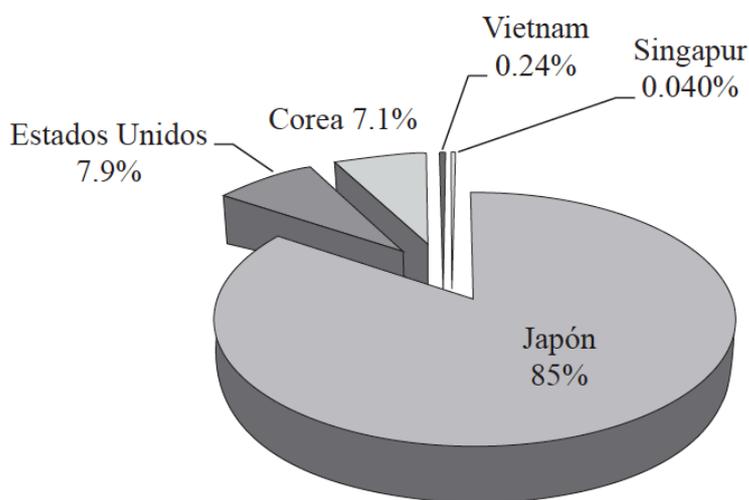
<sup>19</sup> La SAGARPA clasifica en tres categorías los sistemas de producción: tecnificado, semi-tecnificado, y de traspato. El primero se caracteriza por el uso de tecnología de punta, integración vertical y horizontal en prácticamente todo el proceso de producción, y rastros TIF en la transformación industrial de la carne; los segundos tienen algún grado de tecnificación en el esquema de producción pero la infraestructura y medidas zoonosanitarias no son adecuadas; los últimos son básicamente de autoabastecimiento, el control zoonosanitario es nulo, y la aportación nutritiva de la carne es mínima, con excesivo nivel de grasas (SAGARPA 1998).

<sup>20</sup> Son instalaciones donde se sacrifican animales o procesan, envasan, empacan, refrigeran o industrializan bienes de origen animal y que son objeto de una inspección sanitaria permanente en la que se verifica que las instalaciones y los procesos cumplan con las regulaciones que señala la SAGARPA para garantizar que los alimentos sean inocuos; este proceso de inspección se llama Certificación Tipo Inspección Federal. Además, los establecimientos TIF son los únicos elegibles para exportar (SENASICA).

de cerdos comercializados, y el resto en rastros municipales que tradicionalmente producen carne que no se comercializa de manera formal.

Si algo distingue a la carne de cerdo sonorenses es precisamente su aceptación en los mercados externos como Japón, Corea y Estados Unidos. Las exportaciones sonorenses se han incrementado a partir de 1995, consolidándose como el principal exportador nacional; el mayor mercado externo para la carne de Sonora siempre ha sido el japonés, país al que se destina más del 80 por ciento de las exportaciones en el 2012 (véase [figura 4](#)).

Figura 4. Destino de las exportaciones, 2012



Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la SAGARHPA, Sonora.

En el 2012 operaban en Sonora siete empresas (todas con certificación TIF) dedicadas a producir y procesar carne de cerdo en sus diferentes cortes, tanto para el mercado nacional como extranjero.<sup>21</sup> Cada uno de estos grupos empresariales se formó entre los años setenta y ochenta del siglo anterior, y desde su aparición nacieron con tecnología e instalaciones superiores al promedio nacional, con un nivel sanitario de primera clase gracias a las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la actividad, así como una adecuada densidad de población (Norson).

## CAPACIDAD DE ABSORCIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN LA INDUSTRIA PORCÍCOLA SONORENSE

### *Metodología*

El trabajo de campo se realizó considerando el universo de empresas dedicadas a la producción, industrialización, comercialización y exportación de carne de cerdo en el estado de Sonora (siete empresas).

El instrumento mediante el cual se recopiló la información fue un cuestionario que se aplicó al personal directivo de cada una de las compañías. En todos los casos la persona que respondió ocupaba un puesto a nivel gerencia o jefatura de oficina. Solo en una de las empresas no fue posible obtener información. El instrumento es una adaptación del cuestionario elaborado dentro del proyecto “Redes

<sup>21</sup> Estas empresas son: Norson y Lancer en Hermosillo; Ojai Alimentos en Bacúm; Alimentos Soles y, Grupo Yoreme Cortes y Procesos en Ciudad Obregón; Frigorífico Kowi y, Sonora Agropecuaria en Navojoa.

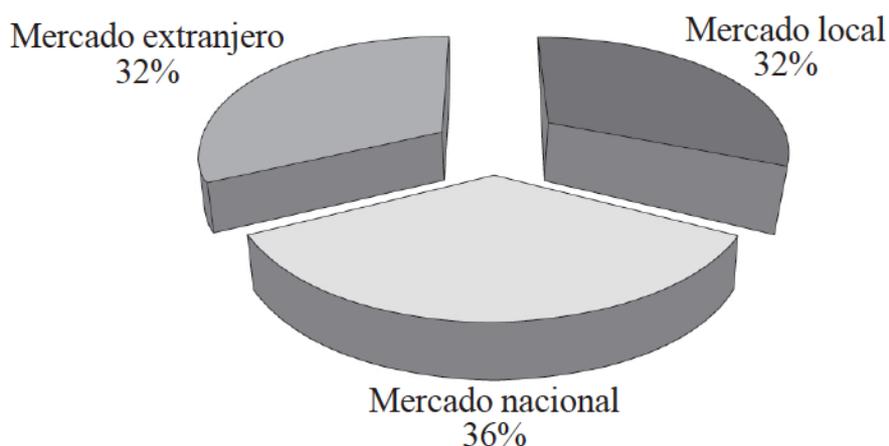
globales de producción y aprendizaje local. Derrama tecnológica de las transnacionales y capacidad de absorción en PYMES de base tecnológica en el noroeste de México”.<sup>22</sup> El cuestionario se compone de cuatro apartados que se describen a continuación: I) Datos Generales, II) Capacidad de Absorción, III) Fuentes de aprendizaje y capacidades de aprendizaje y, IV) Tipos de innovaciones, impactos así como actividades innovadoras desarrolladas por la empresa.

### Resultados obtenidos

#### Presencia en el mercado

Una de las características de la industria porcícola sonorenses es su presencia en los mercados extranjeros; el estado es, junto con Yucatán, un importante exportador de carne de cerdo. Al respecto, la [figura 5](#) indica el porcentaje de ventas que se destinan a los diferentes mercados: en promedio, el 32 por ciento se queda en el mercado local; al mercado nacional se dirige el 36 por ciento de las ventas; y al mercado extranjero se va el otro 32 por ciento.

Figura 5. Promedio de las ventas por tipo de mercado.  
Total de las empresas

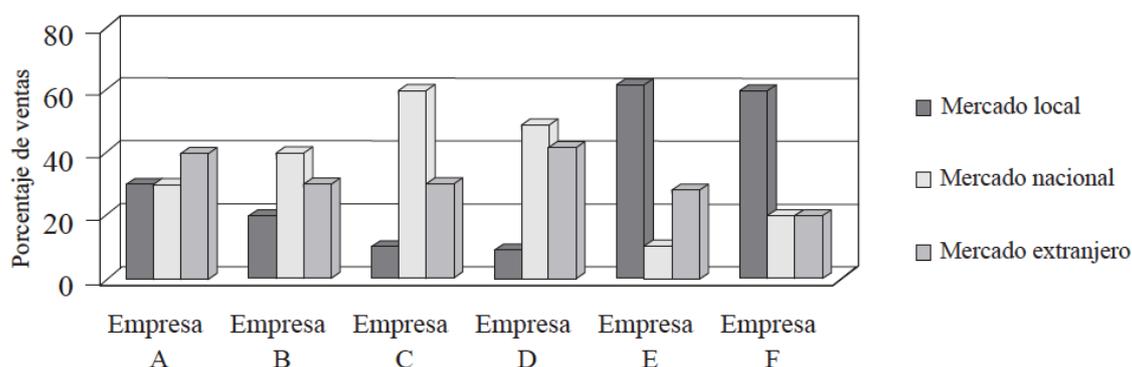


Fuente: elaboración propia con base en información recibida en encuesta.

De acuerdo con la [figura 6](#), las *empresas E* y *F* orientan mayormente sus ventas al mercado local, con alrededor del 60 por ciento de su producción. Es decir, se quedan dentro del estado de Sonora; las *empresas C* y *D* buscan más el mercado nacional al destinar el 60 y 50 por ciento respectivamente de sus ventas; en tanto al mercado de exportación son las *empresas A, B, C* y *D* quienes más participan con al menos el 30 por ciento de su producción. Las empresas que menos cubren el mercado local son la *D* (9 por ciento), *C* (10 por ciento) y *B* (20 por ciento). Todas las empresas envían al menos el 20 por ciento de su producción para exportación.

<sup>22</sup> El proyecto se desarrolló en El Colegio de Sonora bajo la conducción del Dr. Óscar F. Contreras.

Figura 6. Destino de las ventas



Fuente: elaboración propia con base en información recibida en encuesta.

### Capacidad de absorción

#### a) Estrategias de mejora implementadas para incrementar la competitividad en los últimos tres años

En la [figura 7](#) se muestran las principales estrategias orientadas a mejorar, expandirse o hacer más productivo algún proceso o área de trabajo; las más implementadas son la obtención de certificaciones de calidad y la adquisición de maquinaria y equipos, las cuales, fueron señaladas por todas las empresas. La *empresa C* es quién menos implementó, al señalar solo tres: certificación de calidad, adquisición de maquinaria y equipo, y diversificación de su gama de productos. Por el contrario, la *empresa F* implementó todas las estrategias enlistadas; situación muy similar a la empresa A, que sólo exceptuó la diversificación en su gama de productos.

Figura 7. Estrategias de mejora implementadas en los últimos tres años

Estrategia implementada	Empresa
Introducción de nuevas técnicas/metodologías organizacionales	A, D, E y F
Mejora del proceso administrativo y control de proyectos	A, B, D y F
Adecuación de las exigencias del mercado internacional	A, D, E y F
Obtención de certificaciones de calidad	TODAS
Búsqueda y desarrollo de nuevos clientes	A, D y F
Diversificación en su gama de productos	B, C, E y F
Adquisición de maquinaria y equipo	TODAS
Disminución de costos de producción	A, D, E y F
Disminución de tiempos de producción	A, D, E y F
Mejoras en el desarrollo de los procesos	A, B, D, E y F

Fuente: elaboración propia con base en la información obtenida en la encuesta.

b) *Certificaciones y cursos de capacitación obtenidos para mejorar los procesos*

Una ventaja fundamental de la industria porcícola sonorenses son las certificaciones obtenidas, lo que infiere calidad, higiene e inocuidad en todos sus procesos; por tratarse de alimentos de origen animal, las certificaciones han facilitado a los poricultores locales la aceptación y apertura de nuevos clientes, ya que cada empresa cuenta al menos con tres certificaciones, tanto de autoridades u organismos nacionales como internacionales.

Todas las empresas poseen certificación TIF, México Calidad Suprema y HACCP; éstas son necesarias para mantener el estatus de empresas exportadoras lo que, por otro lado, también acarrea beneficios para la distribución de los productos en territorio nacional.

Figura 8. Certificaciones obtenidas

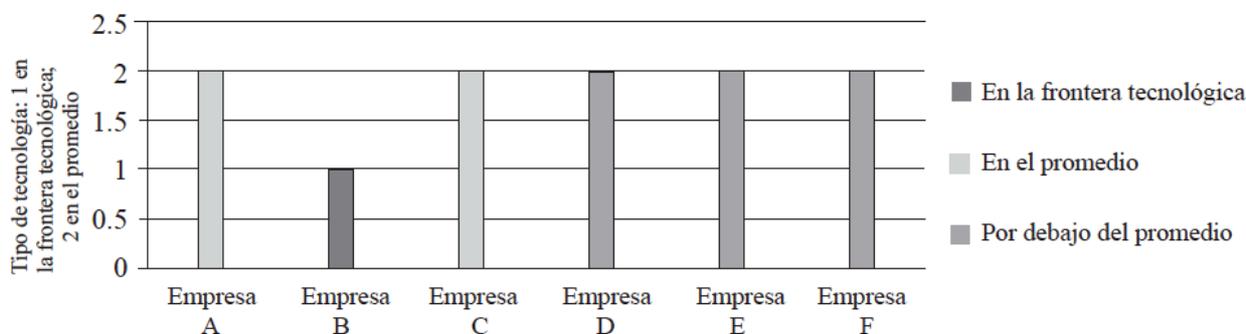
Certificación/ Empresa	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F
Tipo de certificación 1	SQF	ISO 9000, HACCP	SQF	México Calidad Suprema	USDA	TIF
Tipo de certificación 2	HACCP	SQF	México Calidad Suprema	TIF	Primer Nivel de HACCP	POES
Tipo de certificación 3	TIF	USDA	TIF	HACCP	TIF	HACCP

Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

c) *Tecnología utilizada*

En cuanto a la tecnología que utilizan comparada con la predominante a nivel mundial, cinco de las seis empresas manifestaron operar con tecnología similar al promedio, excepto la *empresa B*, que afirma manejar tecnología que oscila en la frontera tecnológica (véase [figura 9](#)).

Figura 9. Tecnología utilizada en relación a la que existe en el ramo a nivel mundial



Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

Si bien, la mayoría reconoció no operar con la mejor tecnología del mundo, la que utilizan sí es superior a la del resto del país. Los cuadros y gráficos vistos permiten apreciar la relevancia que tiene para las empresas la adquisición de maquinaria y equipos nuevos y tecnológicamente mejorados, así como las certificaciones que les garantiza el desarrollo de productos nuevos y mejorados en higiene y calidad.

#### Fuentes de aprendizaje

Esta parte del cuestionario se refiere a las fuentes de aprendizaje utilizadas en la empresa para mejorar las habilidades y destrezas de sus empleados; aquí se detallan todas las actividades e instrumentos aplicados para adquirir, compartir, incrementar y, difundir el conocimiento entre los empleados.

#### a) Herramientas utilizadas para adquirir y compartir el conocimiento

En este punto se analiza la forma en cómo las empresas apoyan la práctica laboral de sus empleados a través de la adquisición de habilidades y cómo hacen para compartirlo con otros trabajadores (véase [figura 10](#)).

Las herramientas 1 (E y F) y 2 (C y D) son consideradas como *muy importantes* por dos empresas en cada caso, casualmente las pequeñas y medianas del ramo respectivamente; las más grandes otorgan la categoría de *muy importante* a la opción 3 (B) y 4 (A). Las opciones 7 y 8 fueron consideradas menos relevantes a pesar de que ambas son utilizadas por cinco de las seis empresas.

Figura 10. Principales herramientas utilizadas

Herramienta	Nivel de importancia otorgado por la empresa		
	Muy importante	Importante	Algo importante
1) Manuales de operación de equipo y maquinaria <sup>1</sup>	E y F	A	D
2) Instructivos de trabajo para los procesos <sup>2</sup>	C y D	F	A
3) Registro o bitácora diaria de experiencias	B	E	
4) Sistemas formales para compartir el conocimiento entre los miembros de la empresa <sup>3</sup>	A		
5) Evaluación formal del conocimiento adquirido <sup>4</sup>		B	C y F
6) Publicación de experiencias al interior de la empresa		C	
7) Ayudas visuales			B
8) Diagrama de flujos de los procesos		D	E

<sup>1</sup> Son los instructivos o documentos de operación de los equipos o máquinas con un importante agregado tecnológico, que sirven para hacer más eficiente su uso al interior de la empresa; puede ser proporcionado por el proveedor a la empresa, o por ella misma para el desempeño u orientación de los trabajadores.

<sup>2</sup> Se refiere a la forma en que están organizadas las tareas que se desarrollan al interior de la planta en cada uno de los procesos; por ejemplo, temperatura del canal de la carne al llegar a sala de corte, tamaño y cantidad de grasa contenido en cada corte, etc.

<sup>3</sup> Se refiere a los cursos, talleres, conferencias y capacitaciones que se realizan dentro de la empresa y que son una herramienta importante para hacer llegar y expandir el conocimiento.

<sup>4</sup> Pueden ser exámenes, registros de avances o progresos detectados, u otro tipo de medición para detectar el conocimiento adquirido.

Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

b) *Actividades de aprendizaje para incrementar el conocimiento en la empresa*

Una vez que la empresa adquiere y comparte el conocimiento al interior, también busca la forma de expandir e incrementar ese conocimiento. Las actividades que realizan para lograrlo son diversas y las más importantes son expuestas en la [figura 11](#).

Figura 11. Principales actividades para incrementar el conocimiento

Actividad	Nivel de importancia para empresa		
	Muy importante	Importante	Algo importante
Capacitación de personal	A, B,C y F		E
Asesoría externa (clientes o proveedores)	D		A y C
Documentación de procesos	E	B	
Colaboración con clientes		A y D	F
Colaboración con proveedores		F	D
Reuniones para compartir y analizar experiencias		C y F	
Uso de manuales		E	B

Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

Como se puede observar, cuatro de las seis empresas consideran la capacitación de su personal como parte *muy importante* en sus actividades para incrementar el conocimiento. La asesoría externa y la documentación de procesos también fueron calificadas *muy importantes* por un par de empresas (D y E respectivamente). La colaboración con clientes, con proveedores, y las reuniones para compartir y analizar experiencias, fueron consideradas como *importantes*.

c) *Agentes que influyen en las actividades de aprendizaje de la empresa*

En la [figura 12](#) resalta la influencia de los clientes como agente propiciador de actividades de aprendizaje, ya que cinco de las seis empresas la estiman como *muy importante*. Una mitad indican que es *importante* la influencia de los proveedores; también se considera que los consultores/asistentes externos son *algo importante*, así como los proveedores y los competidores.

Figura 12. Agentes que influyen en las actividades de aprendizaje

Agentes	Nivel de importancia para empresa		
	Muy importante	Importante	Algo importante
Clientes	A, B, D, E y F		
Consultores/ asistentes externos	C		A, D y E
Proveedores		A, D y E	C y F
Competidores		F	B
Cámaras empresariales		B	
Otros: personal de la planta		C	

Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

El apartado anterior proporciona elementos claves para entender y explicar el éxito de la industria porcícola local. Aquí se aprecian las herramientas que las empresas utilizan como apoyo para hacer más eficiente las funciones de sus empleados; utilizar los instructivos para las tareas, los apoyos visuales, y los manuales de operación son herramientas consideradas importantes para adquirir y compartir el conocimiento. Igual, son las actividades que desarrollan para incrementar el conocimiento en la empresa donde la capacitación del personal, la colaboración con los clientes, y el recibir asesoría externa resultan actividades ampliamente utilizadas para ese propósito.

#### Tipos de innovaciones, impacto y actividades innovadoras

Todas las empresas manifestaron que constantemente realizan algún tipo de innovación: productos, procesos, comercialización y mercadotecnia. En este apartado se indican las innovaciones realizadas, lo mismo que el impacto que éstas han generado para la empresa; otro punto se refiere al porcentaje de ventas de los productos que han sido mejorados a través de innovaciones; y por último, las actividades de innovación ejecutadas por las empresas en el último año.

##### *a) Innovaciones de productos, procesos, organizacionales, y de comercialización realizadas por las empresas*

La [figura 13](#) muestra las innovaciones en productos realizadas en los últimos tres años, apreciándose que cinco empresas han podido mejorar alguno(s) de sus productos ya existentes en el mercado; cuatro de ellas manifestaron haber generado un nuevo producto, que aunque ya existía en el mercado la empresa no lo producía. Las únicas que han creado un nuevo producto o lo han mejorado para el mercado nacional son *A* y *B*; la *empresa B* es la única que ha creado y mejorado un producto para el mercado internacional.

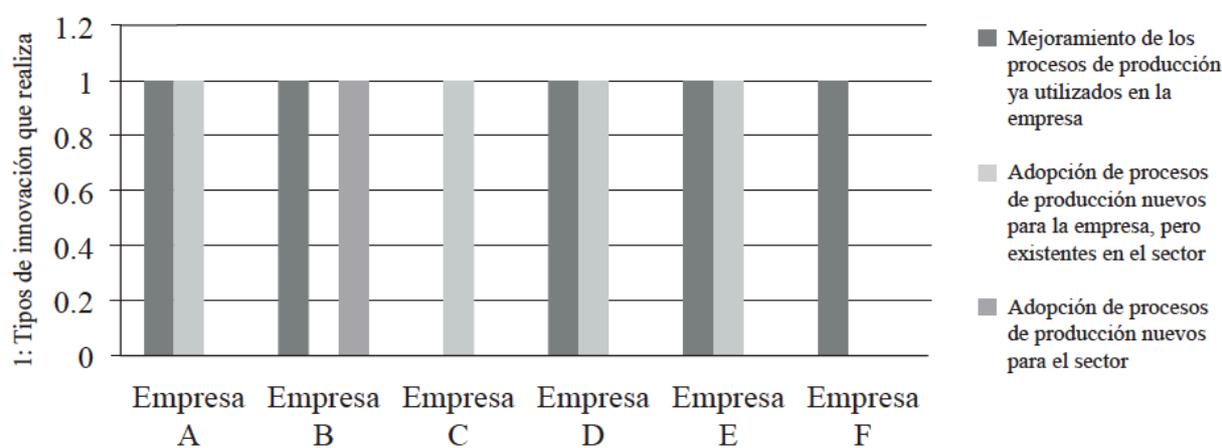
Figura 13. Innovación de producto realizado por la empresa

Tipo de innovación	Empresa innovadora
Nuevo para la empresa, pero existente en el mercado	A, D, E y F
Nuevo para el mercado nacional	A y B
Nuevo para el mercado internacional	B
Mejorado para su empresa, pero existente en el mercado	A, C, D, E y F
Mejorado para el mercado nacional	A y B
Mejorado para el mercado internacional	B

Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

La [figura 14](#) muestra los tipos de innovaciones en procesos realizadas en los últimos tres años. El mejoramiento de los procesos de producción ya utilizados en la empresa aparecen como la innovación más frecuente, siendo las *empresas A, B, D, E y F* las que lo han realizado; de nuevo, la *empresa B* se caracteriza por aplicar innovaciones no realizadas por sus competidores al ser la única en adoptar procesos de producción nuevos para el sector.

Figura 14. Tipos de innovaciones de proceso



Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

La [figura 15](#) indica los tipos de innovaciones organizacionales realizadas en los últimos tres años. La *empresa D* es quién más realizó con cuatro; la *E* y *F* realizaron tres cada una; las *empresas A* y *B* dos; y la *C* solo una.

Figura 15. Innovaciones organizacionales

Tipo de Innovación	Empresa que innova
En técnicas avanzadas de gestión	A, D, y E
Cambios significativos en la estructura organizacional	A, D E y F
Cambios significativos en prácticas de mercadotecnia	B y F
Cambios significativos en prácticas de comercialización	B, D y F
Nuevas formas de organización para atender prácticas de certificación	C, D y E

Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

En la misma figura se observa que las innovaciones más frecuentes fueron las siguientes: cambios significativos en la estructura organizacional, seguido de cambios significativos en las prácticas de comercialización; también las nuevas formas de organización para atender prácticas de certificación y las correspondientes a las técnicas avanzadas de gestión.

Figura 16. Innovaciones en comercialización

Tipo de Innovación	Empresa que innova
Cambios en el empaque o embalaje del producto	A, B C, D, E y F
Nuevos métodos de entrega de productos ya existentes en la empresa	A, E y F
Introducción de técnicas de investigación de mercados	A y F
Nuevas técnicas de ventas	A, B, D, E y F

Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

La [figura 16](#) indica las innovaciones en comercialización. En ellas se aprecia que los cambios en el empaque y embalaje del producto es una práctica innovadora utilizada por todas las empresas; nuevas técnicas de venta por cinco de las empresas; tres utilizan los nuevos métodos de entrega de productos ya existentes en la empresa y dos la introducción de técnicas de investigación de mercados.

*b) Impactos de las innovaciones de productos/  
procesos en la empresa*

Si bien todas las actividades que se enumeran son importantes, las empresas buscan impactar principalmente su productividad, la ampliación de su gama de productos y en mantener su participación en el mercado, tal como se observa en la [figura 17](#).

Figura 17. Impacto de las innovaciones de productos / procesos en la empresa

Impacto	Empresa
Aumento de productividad en la empresa	A, B, D, E y F
Ampliación en la gama de productos ofrecidos	A, B, C, D y F
Aumento en la calidad de los productos	A, B, D y E
Mantuvieron participación en los mercados	A, B, C, E y F
Aumento la participación del mercado	C, D, E y F
Permitieron que la empresa abriera nuevos mercados	B, D, E y F
Permitieron la reducción de costos de trabajo	A, D, E y F
Permitieron la reducción de costos de insumos	A, D y E
Permitieron cumplir con regulaciones de mercado	A, B, D y E

Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

Las empresas que exhiben más impactos en sus productos/procesos son la *D* y *E* con ocho cada una; la *A* mencionó siete impactos importantes; la *B* y *F* seis y la empresa *C* tres.

### c) Actividades innovadoras realizadas por la empresa

Las actividades de innovación son tan diversas como las mismas necesidades de la empresa o del mercado, pero realizarlas eficientemente requiere de capacidades y conocimientos al interior de la empresa. La figura 18 permite visualizar las principales actividades innovadoras desarrolladas por las empresas en los últimos tres años.

La adquisición de maquinarias y equipos que repercutieron en mejoras o nuevos productos/procesos fue una actividad llevada a cabo por las seis firmas; los programas de gestión de calidad o de modernización organizacional fueron realizados por cinco empresas, las actividades de adquisición de otras tecnologías, adaptación y modificación de las tecnologías adquiridas y los programas de entrenamiento asociado a productos/procesos nuevos o mejorados fueron hechos por cuatro empresas.

La *empresa A* es quién más actividades de innovación ha ligado de tres años a la fecha con nueve; enseguida la *empresa D* con ocho; la *F* con siete y la *E* con cinco. La *empresa B* que es de las dos más importantes del estado, sólo ha realizado cuatro actividades, todas orientadas a la adquisición de maquinaria, equipos, tecnologías y realizar nuevos diseños y productos.

Figura 18. Actividades innovadoras realizadas

Actividades	Empresa
Investigación y desarrollo de la empresa	A, C y D
Contratación externa de I & D	A, D y E
Adquisición de maquinarias y equipos que repercuten en mejores o nuevos productos / procesos	A, B,C, D, E y F
Adquisición de otras tecnologías (software, licencias, patentes)	A, B, E y F
Documentación de los cambios en el proceso derivado de la incorporación de tecnología	A, D y F
Adaptación y modificación de las tecnologías adquiridas	A, D, E y F
Proyecto industrial o diseño industrial asociado a productos / procesos nuevos o mejorados	B, C y D
Programas de entrenamiento asociado a productos / procesos nuevos o mejorados	A, D, E y F
Programas de gestión de calidad o de modernización organizacional	A, B, C, D y F
Nuevas formas de comercialización y distribución para el mercado de productos nuevos o mejorados	A y F

Fuente: elaboración propia con información obtenida de encuesta.

## CONCLUSIONES

La industria porcícola en Sonora registra una dinámica de crecimiento superior a la observada en el resto del país. Si bien la década de los setenta representó una etapa de expansión, es a partir de los ochenta cuando despegó como industria competitiva e innovadora; atributos estos que llaman la atención pues se cristalizaron en medio de una profunda crisis nacional que afectó por igual a todos los sectores económicos.

Parte importante del éxito alcanzado por la industria se debe al sistema de organización que lograron establecer: primero colectivamente como grupo o unión empresarial, y posteriormente al interior de cada firma de manera vertical, con procesos de ciclo completo; lo anterior permitió a las empresas alcanzar niveles de competitividad superiores al resto del país, llegando con sus productos a los principales mercados nacionales e internacionales, tan sofisticados como el asiático y el americano. Por otra parte, el estado de Sonora se ha mantenido libre de enfermedades porcinas al desarrollar un cerco sanitario que no permite la entrada de bacterias, virus o fiebres que afecten a los animales de las granjas locales.

Además, la industria exhibe una gran flexibilidad en sus procesos que le permite adaptarse rápidamente a las necesidades del cliente y a las demandas del mismo mercado. Esto es resultado de un intenso proceso de readecuaciones en la línea de producción donde destacan las siguientes actividades: la utilización de tecnología avanzada que permite una rápida respuesta a las especificaciones exigidas por el cliente; estrecha relación con agentes externos como proveedores, clientes y empresas similares que juntos transfieren nuevo conocimiento e información valiosa sobre las necesidades del mercado interno y externo; así como una elevada calidad del personal humano que se adapta rápida y efectivamente a los nuevos programas, equipos y procesos de trabajo.

Sumado a lo anterior, están las certificaciones que garantizan la inocuidad, higiene y calidad de todos los procesos. Este aspecto es prioritario para la industria debido al tipo de producto y al mercado en que se compete; entre las certificaciones que poseen destacan: TIF, HACCP, México Calidad Suprema y USDA, las cuales, no son ostentadas por muchas de las empresas del ramo en el país.

Las ventajas competitivas señaladas reflejan las capacidades de absorción desarrolladas por la industria en las diferentes etapas de la producción, con una óptima y eficiente base tecnológica que convierte a Sonora en líder nacional en producción de carne de cerdo, junto con Jalisco; pero a diferencia de esa entidad, Sonora exporta en su conjunto más del 30% de su producción, representando ese volumen más de tres cuartos del total de las exportaciones nacionales.

La capacidades tecnológicas y humanas desarrolladas por la industria local, le permiten realizar innovaciones en los cuatro ámbitos mencionados en este trabajo; en productos a través de la elaboración de alimentos tenderizados, en charola semipreparados, frescos, congelados, listo para cocinar, con un valor agregado que marca una diferencia importante con otros productos nacionales; en procesos, mediante la organización de ciclo completo y la permanente incorporación de máquinas y equipos tecnológicamente avanzados; en organización con certificaciones de calidad y; en mercadotecnia, con el moderno sistema de franquicias, campañas informativas y por supuesto la presentación de los productos empacados al vacío que mantienen la frescura y sabor de la carne por más tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

Becerra, Manuel, 2004. La transferencia de tecnología en Japón. Conceptos y enfoques. Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León. *Ciencia VII* (1).

Beck, Ulrich, 1998. *¿Qué es la globalización?* Buenos Aires, Argentina: Paidós.

Caballero, René, 2010. Situación actual del enfoque de los Sistemas Nacionales de Innovación y vías para impulsar su desarrollo. En *Redes Globales de Producción, rentas económicas y estrategias de desarrollo: la situación de América Latina*, compilado por Miguel Rivera, María Pozas y Alejandro Dabat. México: El Colegio de México.

Cohen, Wesley M. y Daniel A. Levinthal. 1990. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science and Quarterly* 35 (1): 128-152.

Comisión Europea. 1995. *El Libro Verde de la Innovación*. Luxemburgo.

David, Paul y Dominique Foray. 2002. *Fundamentos Económicos de la Sociedad del Conocimiento*. *Comercio Exterior* 52 (6): 472-490.

Gobierno de la República, 2013. Anexo Estadístico del Primer Informe de Gobierno 2012-2013 de Enrique Peña Nieto. México, D. F.

Hernández, María del Carmen, 2000. Los porcicultores sonorenses frente al mercado mundial, los saldos preliminares de la globalización. *Cuadernos de Ciencia y Tecnología*, 17 (3): 109-123.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1999. La porcicultura en el Estado de Sonora. Censos Agropecuarios 1997. Aguascalientes: INEGI.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. La Porcicultura en Sonora. Censos Agropecuarios 2007. Aguascalientes: INEGI.
- Matusik, S. F. y Heeley, M. B. 2005. Absorptive Capacity in the Software Industry: Identifying Factors that Affect Knowledge and Knowledge Creation Activities. *Journal of Management* 31 (4): 549-572.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)/European Communities. 2005. *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. 3ra ed.
- Pérez, Carlota, 2002. *Revoluciones tecnológicas, cambios de paradigmas y modelos socioinstitucionales*.
- Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT)/Organización de Estados Americanos (OEA) /programa CYTED/COLCIENCIAS/OCYT. 2001. *Manual de Bogotá. Normalización de Indicadores e Innovación Tecnológica en América Latina y El Caribe*.
- Rodrik, Dani, 2011. *Una economía, muchas recetas: la globalización, las instituciones y el crecimiento económico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura (SAGARHPA) Departamento del Cerdo Seguro Sonora, exportaciones sonorenses de carne de cerdo.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura (SAGARHPA) Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable, OEIDRUS, datos de 1990 al 2011.
- Taddei Bringas, Cristina, 2008. *Estrategias de mercado en la industria alimentaria. Plantas del noroeste de México*. México: Plaza y Valdés.
- Tinoco, José Luis. 2004. La porcicultura mexicana y el TLCAN. Tesis de doctorado en Ciencias de la Producción y Salud Animal. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Zahra, Shaker A. y Gerard George. 2002. Absorptive capacity: a review, reconceptualization, and extension. *Academy of Management Review* 27 (2): 185-203.

#### SITIOS DE INTERNET CONSULTADOS

- Financiera Rural, 2012. Monografía de ganado porcino. [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaPorcinos\(jun2012\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaPorcinos(jun2012).pdf).
- Norson Alimentos. [www.norson.net](http://www.norson.net) (Septiembre de 2013).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT). <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>; (Septiembre de 2013).

<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=342&lang=es> (Septiembre de 2013).

Porcicultura. 2012. Para Japón, la carne de cerdo sonorenses es la mejor. 08 de marzo. [http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/noticias\\_int.asp?cve\\_noticia=5098](http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/noticias_int.asp?cve_noticia=5098)

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 1998. Situación actual y perspectivas de la carne de porcino en México 1990-1998. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/5/sitbox04.pdf>.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2000. La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/19/carne.pdf>.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura (SAGARPA). 2012. Pretende sector porcino seguir en la cima. 06 de marzo <http://sagarhpa.sonora.gob.mx/noticias/pretende-sector-porcino-seguir-en-la-cima>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Establecimientos Tipo Inspección Federal. <http://www.senasica.gob.mx/?id=743> (Octubre 2013).

REDES DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO  
Y SU IMPACTO EN LA INNOVACIÓN:  
UN ESTUDIO DE LA INDUSTRIA ACUÍCOLA DE SONORA  
MEDIANTE ANÁLISIS DE REDES SOCIALES (ARS)

Lydia Venecia Gutiérrez López<sup>1</sup>

Jorge Inés León Balderrama<sup>2</sup>

Juan Martín Preciado Rodríguez<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento y la innovación se han convertido en recursos fundamentales en la actual era de la economía del conocimiento. La innovación constituye un factor clave en la competitividad de las empresas (Piana y Erdmann 2011). Sin embargo, en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) la capacidad de innovar se ve condicionada por factores internos y externos, en un contexto empresarial cada vez más exigente. Particularmente, las empresas de sectores primarios enfrentan grandes limitaciones para consolidar sus propios departamentos de investigación y desarrollo (I+D), por lo que deben recurrir a fuentes externas de conocimiento para complementar sus recursos internos. Del mismo modo, la complejidad, la variabilidad de la tecnología y de los mercados, incrementan la necesidad de asociaciones externas que complementan el conocimiento (Caloghirou, Kastelli y Tsakanikas 2004, 30).

Es por ello que las PYMES de sectores tradicionales están adaptando a la nueva realidad sus estrategias competitivas basadas en innovación y adopción de nuevas tecnologías. Específicamente, se impone cada vez más una estrategia dual, al hacer uso de diversas fuentes de conocimiento y tecnología internas y externas para incrementar la velocidad de los desarrollos. De esta manera, las relaciones y la cooperación con actores externos como fuentes de conocimiento, ideas y tecnologías se vuelven una opción de interés a causa de los riesgos en la inversión en I+D, los cuáles, pueden ser compartidos mediante la asociación con otros organismos.

La innovación basada en procesos de colaboración e intercambio tiene su base en los modelos interactivos de innovación (Kline y Rosenberg 1986). Estos modelos destacan el carácter interactivo-colectivo del proceso de innovación, lo que sugiere que los innovadores dependan en gran medida de su interacción con los usuarios, proveedores, y una serie de instituciones dentro del sistema de innovación (Lundvall 1992; Brown y Eisenhardt 1995; Szulanski 1996). El enfoque de los sistemas de innovación destaca el papel de las fuentes externas de conocimiento como factor clave del aprendizaje interactivo.

---

<sup>1</sup> Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias, Especialidad en Desarrollo Regional, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Contacto: [lydia.gutierrez@estudiantes.ciad.mx](mailto:lydia.gutierrez@estudiantes.ciad.mx)

<sup>2</sup> Doctor en Ciencias Sociales. Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Contacto: [jleon@ciad.mx](mailto:jleon@ciad.mx)

<sup>3</sup> Doctor en Ingeniería en el área de Computación por el Instituto de Ingeniería de Universidad Autónoma de Baja California. Investigador Asociado en la Coordinación de Desarrollo Regional, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Contacto: [mpreciado@ciad.mx](mailto:mpreciado@ciad.mx)

El impacto que tiene la colaboración y las relaciones que implican flujos e intercambio de conocimiento con agentes externos en la innovación se ha analizado de manera escasa en México, no obstante, en otros países, tales como Estados Unidos, Canadá y algunos de Europa, varios autores han analizado las fuentes de conocimiento utilizadas por las empresas y el impacto que tienen en el desempeño competitivo-innovador en éstas (Rothwell, Freeman, Robertson y Townsend 1974; Urvan y Von Hippel 1988; Gomes y Kruglianskas 2009). Otros, se han enfocado en el impacto de la colaboración y han detectado que la innovación y las nuevas ideas son enriquecidas a través de la diversa búsqueda de información (Freeman 1997; Powell, Koput y Smith-Doerr 1996; Caloghirou et al. 2004; Laursen y Salter 2006).

Con referencia a lo anterior, las PYMES representan un contexto interesante para este tipo de investigación. El grueso de la investigación sobre el impacto de las redes en la innovación se ha llevado a cabo en las empresas grandes, a través de redes regionales, principalmente en Europa y Estados Unidos. Sin embargo, son las PYMES ya establecidas importantes impulsoras del crecimiento económico (OCDE 2009).

El objetivo de esta investigación es contribuir al estudio empírico de la relevancia que tienen las relaciones en red sobre la innovación tecnológica en sistemas productivos locales. En particular, se analiza el entramado de flujos de transferencia de conocimiento (redes de conocimiento), su configuración y su efecto sobre el desempeño innovativo de las acuícolas del estado de Sonora. Se analiza información proveniente de una muestra de 33 pymes acuícolas, obtenida mediante una serie de entrevistas estructuradas. Esta investigación se lleva a cabo mediante el análisis de redes sociales (ARS), el cual, permite obtener indicadores de posición y características de la red. Asimismo, la información se analiza en una segunda etapa a través de un estudio de regresión, la cual permite estimar estadísticamente el impacto sobre la innovación que tiene el nivel de inserción de las empresas en la red de conocimiento. Lo anterior, se lleva a cabo analizando el efecto de las redes, considerado dos de sus aspectos más relevantes: la posición de las empresas en la red y las características de los vínculos que establecen las empresas con otras organizaciones.

El trabajo está organizado en cinco secciones incluyendo la presente introducción. En la siguiente sección se presenta una revisión de los principales hallazgos e hipótesis planteadas en los estudios de innovación previos, mediante análisis de redes sociales. Posteriormente, en la tercera sección, se muestran los datos y el método para medir las variables utilizadas en dicho análisis. Los resultados se muestran y discuten en la cuarta sección. Por último, en la quinta sección se presentan algunas conclusiones generales derivadas de dichos resultados.

#### LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE DE REDES EN LOS ESTUDIOS SOBRE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LAS EMPRESAS

La literatura referente al tema de las interacciones y colaboraciones entre empresas con fuentes externas de información y conocimiento tecnológico, a través de redes de innovación, tiene una estrecha relación con aquella sobre clústers o distritos industriales (Feldman y Braunerhjelm 2006). Sin embargo, las redes de innovación se basan en relaciones directas, por lo que los flujos o intercambios en la misma se ven afectados por la naturaleza de la información o el conocimiento. En cambio, en los clústers, las empresas se benefician de otras, incluso sin haber una relación explícita entre los actores, mediante los denominados *spill overs* o derramas de conocimiento.

En numerosos estudios, las redes han sido identificadas como factor importante sobre el proceso de innovación. Por ejemplo, Ahuja (2000) y Burt (2004) han demostrado que tanto el número y la estructura de conexiones en redes de interacción/colaboración pueden mejorar los resultados de innovación.

Las redes de innovación han sido estudiadas con base en la perspectiva del análisis de redes sociales (ARS), la cual, permite analizar las interacciones entre individuos mediante la configuración de sus estructuras. Algunos autores (Borgatti, Mehra, Brass y Labianca 2009), consideran el ARS como un cuerpo de aspectos teóricos y no solo como un conjunto de métodos. Asimismo, el ARS permite estudiar la información con base

en dos modelos. El primero, se enfoca en el análisis de la arquitectura de la red, y busca descubrir si actores o estructuras similares, tiene resultados similares. El segundo, analiza la red, vista como un sistema de vías a través de las cuales existen flujos de interacción entre los actores.

El ARS difiere de enfoques tradicionales de ciencias sociales en varios aspectos. Uno de ellos radica en los datos de análisis que se emplean. La mayoría de los enfoques tradicionales utilizan como datos las variables o atributos de sus unidades de análisis, considerando que se parte de ¿qué se quiere conocer? En cambio, el ARS parte de ¿a quién conoces?, y esto conlleva que se utilicen datos relacionales y no solo atributivos de los actores.

En estudios sobre innovación, una ventaja que ofrece el ARS respecto a otros enfoques es que permite utilizar los datos relacionales de los actores y las características estructurales de la red como elementos de análisis de las relaciones entre actores, que a su vez son dependientes de otras interacciones. En el ARS esta dependencia está correlacionada con los atributos de cada actor y de su comportamiento. El ARS permite sobrellevar problemas relacionados con la cooperación y la confianza dentro de un grupo de actores mediante el establecimiento de niveles de fortaleza pertenecientes a las relaciones entre los actores. Por otra parte, la influencia y el poder de ciertos actores o individuos en la red pueden ser analizados mediante la diversidad e interdependencia de las relaciones. Lo anterior, permite un análisis más profundo en cuanto a cómo y con quiénes se relacionan las empresas con mayores resultados innovadores. El ARS juega un importante rol en el análisis de la evaluación de impactos, ya que genera indicadores reticulares a nivel de las empresas y de la red de innovación, que pueden ser utilizados en análisis que miden el impacto en innovación.

### *La estructura de la red*

Dada la estructura no aleatoria de las redes, una de las principales preocupaciones de los analistas ha sido la identificación de subgrupos de actores que muestran mayor conectividad que el resto de los actores de la red. Se suele referir a estos grupos como subgrupos “cohesivos”, lo que significa un “subconjunto de actores” entre los que hay relativamente lazos fuertes, directos, intensos, frecuentes o positivos (Wasserman y Faust 1994). En términos generales, los subgrupos cohesivos se caracterizan por vínculos mutuos y frecuentes mediante la cercanía o accesibilidad de sus miembros. Sin embargo, estos subgrupos pueden ser formalizados en diferentes aspectos, dependiendo de las propiedades de los vínculos entre subconjuntos de actores. Por lo tanto, hay diferentes tipos de subgrupos dentro de una red, lo que conduce a diferencias en la estructura de la red global. Más importante aún, las características de los diferentes subgrupos están asociadas a distintos tipos de beneficios o desventajas para los miembros de la red.

El tamaño y la composición de una red, la densidad y su centralidad, son aspectos sustanciales cuando se discute sobre el impacto en la innovación (Liu y Chaminade 2000). El tamaño y la forma de una red son características muy importantes, ya que determinan la estructura de las relaciones, debido a que cada empresa dispone de recursos limitados para crear y mantener relaciones. Asimismo, la densidad de la red es comúnmente medida en términos del número de relaciones directas entre los actores de la red (Scott 2000) y tiene implicaciones importantes en el acceso a competencias, en la gestión de las redes y, por lo tanto, en la innovación.

Varios autores han analizado la estructura con base en la densidad de sus relaciones. Sabatier y Jenkins-Smith (1993) muestran que una red densa tiende a reforzar la inercia y pueden ser opuestas a la innovación. Mientras que McCarthy (2008) llegó a la conclusión opuesta, en donde muestra que una red densa ayuda a difundir normas institucionales de comportamiento y también facilita el traslado de la información, cuestiones sumamente trascendentes para la innovación. Algunos indicadores que caracterizan a la estructura en general pueden ser analizados de manera particular para cada actor, como son la posición y las características de sus relaciones; estos puntos se describen más adelante. Ahuja (2000)

realizó un estudio en el que se analizan empresas de la industria química y encuentra que los lazos directos tienen mayor impacto en la innovación. Asimismo, Reagans y McEvili (2003) demuestran cómo la cohesión, en términos de mayor cantidad de lazos directos y el tamaño de la red, tiene un fuerte impacto en la transferencia de conocimientos.

### *La posición de la organización dentro de la red de innovación*

La posición de los actores en la red puede ser analizada mediante medidas de centralidad. La posición tiene implicaciones importantes para el aprendizaje y la innovación, ya que influye, por ejemplo, hasta qué punto otros actores pueden participar en la red, el poder de negociación de los diferentes actores o el control de la información (Nooteboom 2004). Hanneman y Riddle (2005) argumentan que el poder de las redes sociales puede ser visto como una propiedad macro que describe a toda la población, o como una propiedad micro que describe las relaciones entre los actores.

Burt (1992), Wasserman y Faust (1994) definen dos enfoques para el análisis de la red, uno centrado en el conjunto de la red general y otro que analiza las características de los actores particulares en una red. Lo macro y micro están estrechamente conectados en el pensamiento de una red social.

La centralidad en la red es una de las características más analizadas bajo la perspectiva del ARS, es el reflejo de la posición de un actor y es medida en función del número de vínculos o por el poder de influencia en la red. A mayor centralidad en la red, significa un mayor número de vínculos frecuentes (Borgatti, Everett y Freeman 2002). La centralidad puede ser medida en función de diversos indicadores como es el número de conexiones directas (grado), la frecuencia con que un actor conecta a otros actores con base a distintas vías (intermediación) y la centralidad de cercanía mediante su grado de proximidad con respecto a todos los otros individuos.

El número de relaciones directas (grado) que mantiene un actor, es una de las medidas de centralidad más básicas e intuitivas del ARS. Este parámetro ha sido analizado por diversos autores desde diversos enfoques. Estudios que datan desde la década de los años treinta (Moreno 1951), detectaron que la posición tiene relación con el comportamiento de los actores en una red. Entre los trabajos de este tipo se encuentra el de Fischer (1948), quien en un estudio sobre redes sociales y urbanización detectó que esta última disminuye la densidad de las primeras. Sin embargo, estudios recientes sobre el tema de la innovación observan que la densidad de las relaciones es un indicador con alto impacto en los resultados.

Teóricamente, podemos esperar que el posicionamiento de los actores individuales y la forma como están conectados a otros actores de la red tenga también implicaciones importantes para la innovación tecnológica. Un posicionamiento central, hacer la función de puente en la red, tener una estrecha relación con un actor que tiene varias conexiones, son condiciones que pueden servir a las empresas para asegurar el acceso a recursos críticos (Scott 2000; Nooteboom 2004). Por el contrario, una posición periférica en la red que implica la necesidad de ir a través de muchos nodos para acceder a la información relevante, es una condición particular que podría obstaculizar gravemente el flujo de conocimiento, y por lo tanto, la innovación dentro de la red.

Acercas de la relación entre la centralidad de la red y la innovación, Herminia (1993) argumenta que la primera es el determinante más fuerte de la participación individual en los esfuerzos para la innovación administrativa, pero no para la innovación tecnológica. Según Paruchuri (2010) es más ventajoso estar relacionado con actores que tienen muchas conexiones, ya que es una garantía de acceso a un mayor número de fuentes de conocimiento. En ese mismo sentido, Ouimet, Landry y Amara (2004) afirman que la innovación radical está correlacionada al número de lazos que posee un determinado actor en una red de transferencia de conocimientos. En estos estudios se puede apreciar que la densidad de interacciones es un factor clave en los flujos de transferencia con resultados en la innovación.

Otros estudios, como los de Laumann y Pappi (1976), y Freeman (1997), que han analizado la influencia de la posición en la red, coinciden en que la posición centralizada de los actores es considerada como una ventaja. En las redes de comunicación las empresas centrales están mejor posicionadas en cuanto al acceso de información, ya que un alto número de relaciones directas representa un mayor número de oportunidades de acumulación y aprendizaje.

Zaher y Bell (2005) sostienen que el alto grado de cercanía de un actor en la red, le permite ser más innovador y ayuda a las empresas a comprender una tecnología específica. Del mismo modo, Powell et al. (1996) demuestran que mantener una posición central en la red tiene un impacto claro en el crecimiento de las empresas.

Monge y Hartwich (2008) analizan la influencia del prestigio del promotor tecnológico –y algunas características de la red– por sus efectos en la tasa de adopción de innovaciones por parte de productores del sector acuícola; su estudio presenta evidencia sobre procesos de influencia social y competencia que estarían incidiendo en las decisiones de los pequeños productores con respecto a su grado de adopción de innovaciones.

Graf y Krüger (2009) explican de qué forma el desempeño innovador de las empresas se encuentra definido por la posición que éstas guardan en la red; encontraron que aquellas empresas con una posición central y con un rol de intermediario en la red son las más innovadoras de su sector, aunque reconocen que no son capaces de cosechar todos los beneficios asociados a su posición de intermediación.

Sin embargo, Pietrobelli y Rabellotti (2009), encuentran que las formas muy centralizadas, jerárquicas y con “cautividad” de interacción, tienden a obstaculizar la transferencia de conocimientos, el aprendizaje interactivo, y por tanto, la innovación. En redes más descentralizadas –donde no se aprecia claramente a un actor dominante que controle lazos directos importantes, otros actores pueden acceder a la información de forma más fluida. Un aumento en el grado de centralidad podría implicar un riesgo si el actor central restringe el acceso a la información para otros actores, pero también podría facilitar la coordinación de los diferentes actores que pudieran ser necesarios en los procesos complejos de innovación. De lo anterior, se derivada la primer hipótesis de esta investigación.

H1: La innovación de proceso y de producto de las empresas acuícolas (Sonora) es influida por la posición que estas tienen dentro de la red de intercambio de información y conocimiento.

#### *Características de las relaciones en el contexto de las redes de innovación: la fuerza y variedad de los vínculos*

Como plantea Coleman (2000), los lazos establecidos entre una organización determinada y sus contactos son únicos, ya que las empresas se relacionan con entidades que sirven de apoyo a situaciones específicas. Como se ha señalado, la red de relaciones constituye una forma específica de recursos para sí mismas y las características de los lazos pueden ser medidas en función de varios indicadores, como son la frecuencia de comunicación entre pares y el tipo y cantidad de información que se transmite.

Una de las características principales que distingue las relaciones en la red es la fuerza de los vínculos, que ha sido medida en términos de frecuencia o de confianza.

De manera general, las características de los lazos han sido analizadas por diversos autores y en diversos ámbitos; por ejemplo, Bott (1957) detectó que las características de las vinculaciones influyen en la forma en que se comparten responsabilidades o se mantiene el rol de responsabilidades tradicionales. De igual forma, en estudios sobre planeación, se ha encontrado que las características de los lazos tiene un efecto importante sobre los resultados (Booher e Innes 2002). En ese sentido, los lazos más cercanos son normalmente considerados como precondition para que emerjan relaciones de confianza. Asimismo, la cercanía o fortaleza

de los lazos permite un intercambio de información más detallada (Uzzi 1977). Los lazos fuertes, (mayor frecuencia de comunicación) se relacionan con un intercambio mayor de información y conocimiento.

La posición de los actores individuales también está relacionada con la fuerza de los lazos que posee con los otros actores dentro de la red. Hay una gran cantidad de literatura sobre las ventajas de los vínculos débiles (no intenso) *vs* vínculos fuertes (intensos) en redes (Granovetter 1973), pero sus hallazgos no son concluyentes respecto a los efectos de la intensidad de los vínculos sobre los procesos de innovación. En el lado positivo, las redes de vínculos débiles pueden dar acceso a información nueva y no redundante e introducir flexibilidad en la misma red; mientras que los vínculos fuertes pueden facilitar el intercambio de información compleja. Pero los vínculos fuertes también pueden tener implicaciones negativas, como las situaciones de falta de renovación de las ideas y de conocimientos (D'Costa 2002; Narula 2002).

Una hipótesis prominente planteada por Granovetter (1973, 1985) se basa en la idea de que los "vínculos fuertes" caracterizan a una red densa de actores que están conectados mutuamente el uno con el otro (Granovetter 1973). Dado que los actores de este (sub) grupo tienden a interactuar con frecuencia, un alto porcentaje de la información que circula en este sistema social es redundante. Granovetter postula que la nueva información se obtiene principalmente de relaciones con actores que no son miembros de la parte estrechamente conectada de la red (lazos débiles). Sin embargo, la adopción de este argumento en el contexto de la actividad de innovación puede ser problemático por varias razones. En primer lugar, Granovetter analiza principalmente el efecto de las estructuras sociales en temas como la información sobre las ofertas de empleo y las nuevas tecnologías, y no tiene en cuenta la generación de conocimiento que se encuentra en el núcleo de la actividad de innovación. En tal contexto, la recopilación de información a través de lazos débiles puede ser más importante que la confianza y la franqueza de intercambio, que es el dominio de los lazos fuertes. Evidentemente, si los vínculos fuertes o débiles resultan ser más favorable es una cuestión que depende de las características del aspecto (la "materia") que tiene que ser transferido: mientras que los lazos fuertes pueden ser más adecuados para el intercambio de conocimientos complejos, los lazos débiles podrían ser más beneficiosos para la búsqueda de información (Hansen 1999). La fuerza de un vínculo es una combinación de la cantidad de tiempo, la intensidad emocional, la intimidad y los servicios recíprocos que caracterizan a ese vínculo.

En un estudio, Fritsch y Kauffeld (2010) analizan los flujos de información y conocimiento en redes de innovación en Alemania, y detectan que los vínculos fuertes son más benéficos en la transferencia en comparación con vínculos débiles. Respecto a lo anterior, Hansen (1999) argumenta que las relaciones débiles promueven la transferencia de conocimiento simple, mientras que las relaciones fuertes la de conocimiento complejo. Este argumento está en contrapunto con los análisis que se realizaron por otros autores (Lin, Ensel y Vaughn 1981; Burt 1992), quienes concluyen que, en una red densa, la cohesión social tiende a aparecer junto a las relaciones más fuertes, y que ante esa situación es difícil determinar si es la fortaleza de la relación o la cohesión de la red lo que tiene más peso (a manera de ejemplo, se puede decir que un lazo fuerte puede ocurrir al interior o al exterior de un grupo cohesivo).

Otro estudio que aborda el efecto de las características de las relaciones sobre la innovación tecnológica en las empresas, es el de Ebadi y Utterback (2000), quienes estudiaron proyectos de investigación y encontraron que la frecuencia de comunicación a nivel individual tiene un efecto en la innovación tecnológica, y lo mismo ocurre con la diversidad de las relaciones. A nivel de la organización, la diversidad de las comunicaciones está relacionada positivamente con la innovación tecnológica.

Figura 1. Estudios seleccionados sobre el impacto de las redes de conocimiento sobre la innovación en empresas, y que utilizan el enfoque ARS

Autor	Unidad análisis y muestra	Método	Variables	Principales resultados
Ahuja, G. (2000)	97 empresas Industria química Japón, Europa y Estados Unidos	Análisis de correlación	Dependiente: Innovación (patentes por año) Independientes: vínculos (directos e indirectos), Gastos en I+D, la posición en la red (hueco estructural)	Los vínculos directos tienen más impacto en la innovación El aumento de los agujeros estructurales tiene un efecto negativo sobre la innovación
McEvily y Reagans (2003)	113 empresas Nuevos materiales Estados Unidos	ARS Análisis de correlación	Dependiente: Transferencia de conocimiento Independientes: fuerza de los vínculos, el conocimiento común, la cohesión y rango de la red	La cohesión de la red y su rango (diversidad) tienen un fuerte impacto en la transferencia de conocimiento
Ouimet et al. (2004)	47 Empresas Óptica Canadá	ARS Análisis de correlación	Dependientes: innovaciones radicales Independientes: la posición en la red y el número de lazos Tamaño de la red	La innovación radical está correlacionada al número de lazos y al tamaño de la red
Monge y Hartwich (2008)	360 empresas Sector agrícola Bolivia	ARS Análisis de regresión	Dependiente: Intensidad de la adopción de innovaciones, Lapso de adopción de la innovación Independiente: Posición, Prestigio, Centralidad, Vínculos simelianos	Adopción de innovaciones a mayor centralidad y vínculos similares
Graf y Krüger (2009)	4 redes regionales de inventores (patentes) Alemania	ARS Regresión lineal	Dependiente: desempeño en innovación (solicitud de patentes) Independiente: la posición en la red	El No. de vínculos (centralidad de grado) tiene un efecto positivo. La posición central (intermediación) no tiene efecto positivo.
Cantner et al. (2010)	248 empresas, diversos sectores Alemania	Análisis de correlación	Dependiente: la innovación Independiente: el capital social (frecuencia de contacto)	Existe un efecto positivo de los lazos directos con el desempeño innovador
Liu y Chaminade (2010)	Empresas textil China	Estudio de caso	La innovación (de producto, de proceso), Estructura de red Posición en red	La estructura y la posición influyen en la innovación tecnológica
Fritsh y Kauffeld (2010)	16 redes regional Alemania	ARS Análisis de correlación	<i>Dependientes:</i> Transferencia de información y conocimientos, la absorción de información y conocimientos <i>Independientes:</i> La fuerza de los lazos, la posición, las características de la red, las características de la <i>egored</i> , las características de las empresas	Los lazos fuertes (frecuencia de comunicación) se relacionan a un mayor intercambio de información y conocimiento. Una posición de bróker conduce a mayor transferencia y menos absorción de información y conocimientos
Lasagni (2012)	500 empresas Europa	Análisis multivariado	Dependiente: la innovación Independiente: las relaciones externas	Más innovación (de producto) a mayor relación con laboratorios y centros de I+D

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a la diversidad de las relaciones, Booher e Innes (2002) analizan el efecto en resultados de planeación y detectan que tiene una enorme influencia. Asimismo, otros autores han argumentado que la innovación radical y las nuevas ideas son enriquecidas a través de la búsqueda de información en diversas fuentes (Laursen y Salter 2006). Fritsch y Kauffeld (2010) sostienen que la diversidad es un buen indicador de la no redundancia de la información.

Con base a la literatura revisada, referente a la influencia de las características de las relaciones en la innovación de las empresas, planteamos la siguiente hipótesis:

H2: La innovación de proceso y de producto de las empresas acuícolas (Sonora) es influida por la fuerza de los vínculos y por la diversidad de fuentes externas de información y conocimiento.

Hasta aquí se ha expuesto la variedad de características pertenecientes a las redes de conocimiento que pueden influir en la innovación. La mayoría de los estudios sobre el tema sólo proporcionan información referente a variables que se correlacionan con los procesos de transferencia de información y conocimiento, así como a la generación de innovaciones. En su mayoría son estudios que no analizan el impacto o influencia que tienen las características de la red sobre los resultados de innovación o la transferencia de tecnología. De igual forma, estos estudios se han elaborado mayormente en sectores de tecnología avanzada y en países desarrollados. Otro punto importante es que algunos de estos trabajos no toman en cuenta los desarrollos tecnológicos que se llevan a cabo en las empresas, sino que solo consideran el acceso a ciertas tecnologías que son asimiladas. La diversidad de resultados mostrados por distintos autores (véase [figura 1](#)) resulta en su mayoría de estudios econométricos que, al analizarlos en conjunto, no ofrecen claridad sobre los determinantes o factores de mayor influencia en los resultados de innovación de las empresas. Por ello, se considera necesario seguir desarrollando investigaciones que permitan esclarecer cuál es el impacto que tienen las características de la red sobre el desempeño innovador de las empresas.

## EL MÉTODO

La acuicultura es considerada una de las actividades con mayor potencial y desarrollo en los últimos años en México, que arroja beneficios sociales y económicos (Norzagaray, Muñoz Sánchez, Capurro y Llánes 2012). Asimismo, a nivel regional se ha convertido en una de las alternativas con mayor viabilidad económica para la producción de alimento (Guerrero-Olazarán, Cab, Galán y Viader 2004; Montemayor-Leal, Mendoza, Aguilera y Rodríguez 2005). Sin embargo, la actividad camaronícola en la región, al igual que en otros países, ha enfrentado fuertes crisis económicas en la última década, derivadas de enfermedades como la mancha blanca y la muerte temprana, que han afectado drásticamente la producción así como las exportaciones locales en los últimos años.

Según datos de la FAO (2012), Sonora es la región con mayor aporte en la producción acuícola a nivel nacional, lo cual, se deriva de su cercanía al Golfo de California.

En este estudio se analiza el entramado de relaciones de transferencia de conocimientos del sector acuícola en Sonora y su impacto sobre el desempeño empresarial, en términos de generación de innovaciones de producto y de proceso. De acuerdo con datos publicados por el Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora (COAES) en el 2013 operaban en la entidad 129 granjas dedicadas al cultivo de camarón. La muestra considerada en este estudio incluye sólo a 33 granjas.

La información necesaria para el análisis se recabó a través de entrevistas estructuradas en las que se solicitó información referente a las actividades de innovación llevadas por las empresas y las relaciones que mantenían para la adquisición de información y conocimiento. A través de un muestreo no probabilístico de

tipo intencional (Padua 1979), se lograron realizar un total de 33 entrevistas estructuradas. Este tipo de muestreo permite el estudio de poblaciones de difícil acceso y toma en cuenta limitaciones referentes a la disposición de los informantes (Heckathorn 1997). Los productores de este sector se encuentran organizados con base a juntas locales de sanidad acuícola. La distribución de las granjas por junta local, en las que se logró aplicar el instrumento, es de la siguiente manera: 12 de Bahía de Kino, 2 de Tastiota, 7 de El Cardonal, 2 de Cruz de Piedra, 2 de Bahía de Lobos, 2 de Los Mélagos, 1 de El Siari, 1 de Santa Bárbara, 2 de La Atanasia, 1 de El Tobarí y 1 de El Riíto.

La entrevista aplicada a las granjas productoras de camarón consta de tres secciones. En la primera se solicitó información sobre las características de las empresas. La segunda permitió recabar información sobre los cambios, mejoras e innovaciones que se han llevado a cabo en las empresas en los últimos cinco años, tanto en productos como en procesos. El apartado orientado a identificar los desarrollos en productos se subdividió en tres categorías: a) desarrollo de nuevos productos, b) monitoreo y control, y c) valor agregado. Mientas que el apartado enfocado a obtener información sobre innovaciones de procesos se subdividió en sólo dos categorías: a) monitoreo y control, y b) eficiencia. Por último, la tercera sección fue diseñada para conseguir información reticular; es decir, para identificar las relaciones que implican la transferencia e intercambio de información y conocimiento relacionado a la innovación de las empresas. Se empleó la técnica denominada *free recall*, que consiste en permitir que el informante “traiga” libremente a la memoria los nombres de sus contactos o fuentes de información, en vez de presentarle una lista de nombres para seleccionar sus contactos de manera pre-orientada. Esta técnica es muy utilizada en investigaciones realizadas bajo el enfoque del ARS (Wasserman y Faust 1994; Knoke y Yang 2008). Este apartado fue clave para obtener la información que señala con qué empresas se ha mantenido contacto y cómo han sido las relaciones que resultan en términos de frecuencia de comunicación, cantidad e importancia de la información y el conocimiento que reciben las empresas.

#### *Las variables del estudio*

*Innovación.* En este estudio la variable dependiente es la innovación de las empresas, ésta se analiza con base a dos modelos: en producto y en proceso. La primera se analizó con base en la mejora o desarrollo de productos y en el monitoreo y control de productos. Por otra parte, la segunda se midió en función de la mejora en cuanto a actividades de monitoreo y control del proceso así como de la relacionada a la eficiencia de los procesos. El índice de innovación, para cada empresa, se obtuvo mediante el cálculo de los promedios con base en la frecuencia con la que realizan mejoras o desarrollos en cada una de las actividades de innovación. Este cálculo se realizó de manera independiente para la innovación en producto e innovación en proceso.

*Posición.* La posición de las empresas perteneciente a la red fue estimada con base a cuatro indicadores de centralidad: número de relaciones directas (centralidad de grado, DEG), grado de intermediación de las empresas en la red (centralidad de intermediación, BETWE, y de BONACICH) y cercanía hacia otros nodos en la red (“dos pasos”, 2STEP). El índice de centralidad de grado (DEG) se calculó mediante el conteo del número de relaciones directas que tiene cada empresa. Para obtener el índice de intermediación (INTER) con base en la distancia más corta entre  $i$  y  $k$ , en la que reside un actor  $j$ , se aplica a siguiente fórmula:

$$Inter (ni) = \sum g_{jk(ni)} / g_k,$$

Donde:  $g_{jk}$  es el número de la distancia geodésica entre  $j$  y  $k$ , luego  $g_{jk(ni)}$  es el número de distancia geodésica al actor  $i$ .

El índice de BONACICH se calculó en función de la centralidad de aquellos actores conectados a otro. Mediante la matriz de adyacencia  $A(o)$ , el índice de bonacich de un actor  $i$  ( $BoC_i$ ), está dada por:

$$\text{Bonacich} = \sum A_{ij} (\alpha + \beta * BoC_j).$$

El indicador de 2STEPS es calculado al dividir el número de nodos que puede alcanzar un actor mediante “dos pasos”, dividido por el número de nodos en la red, excluyendo a los de la *egored* del nodo que se analiza.

*Características de las relaciones.* Las relaciones que mantienen las empresas acuícolas con sus fuentes de conocimiento son caracterizadas con base en un indicador de fortaleza y otro de diversidad de lazos. La fortaleza de la relación (con los agentes externos señalados) de una granja determinada es medida con base en la cantidad de información, la importancia de esa información para las mejoras introducidas y la frecuencia de comunicación. La escala de frecuencia de la comunicación ha sido utilizada por Reagans y Zuckerman (2001), Quimet et al. (2004), así como por Fritsch y Kauffeld-Monz (2010), quienes también han realizado ejercicios de medición de la fortaleza de los lazos. Es importante señalar que no se debe discriminar alguno de ellos, ya que estos tres indicadores permiten analizar la fortaleza de la relación bajo distintos enfoques.

Las escalas para cada uno de los indicadores anteriores son de tipo *likert* de cinco puntos para cada uno. La cantidad de información se mide en función de la percepción del informante con base en una escala que va de “muy poca” a “mucho”. La importancia de las mejoras introducidas se mide en función de una escala que va de “no era importante” a “indispensable”, y la frecuencia de comunicación tiene una escala que va de “casi nunca” a “muy seguido”. Para obtener este indicador (FZA-V) se calculó el promedio de los valores asignados para las tres categorías. Una vez obtenido el promedio para cada una de las categorías, se clasificaron en tres niveles: alto (2), medio (1) y bajo (0).

Por otra parte, la diversidad de las relaciones (DIVER) se obtuvo en función del giro al que pertenecía cada una de las fuentes de información de las empresas, se contó el número de giros que tenían relación con cada una de las empresas acuícolas. Específicamente se detectó que en la red existen actores de seis giros diversos (otras granjas, proveedores, dependencias públicas, universidades y centros de investigación, organizaciones de la sociedad civil y consultorías), por lo que la escala en cuanto a la diversidad de giros va de 1 a 6.

### *Análisis de los datos*

El análisis de la información se realizó en dos etapas:

- a) La primera, consistió en analizar los datos a través del ARS. Como primer paso se generó una matriz binaria que contiene las relaciones entre las empresas y sus diversas fuentes de información y conocimiento. La matriz fue completada con valores de 1 al existir alguna relación entre los actores, y 0 al no existir ninguna relación. Una vez elaborada la matriz, se configuró la red de manera gráfica. Asimismo, en esta etapa se obtuvieron los indicadores de centralidad (DEG, INTERM, BONACICH y 2STEP). En esta primera etapa se hizo uso de los programas UCINET 6 y NETDRAW.
- b) En la segunda etapa, se utilizó la información generada en el análisis de redes sociales para analizar los datos mediante el modelo de regresión múltiple en pasos hacia atrás, con apoyo del programa SPSS. El método consiste en calcular los estadísticos, pruebas y análisis a medida que vamos eliminando variables independientes en el modelo. La finalidad de este método es buscar de entre todas las variables explicativas, aquellas que más y mejor expliquen la innovación de las empresas.

Como primer paso se generaron dos modelos independientes, uno para la innovación en producto y otro para la innovación en proceso. Cada uno de estos modelos incluyó la totalidad de las variables independientes. En los siguientes pasos se fueron eliminando las variables menos significativas hasta llegar a un paso final, en el cual, se identificaron modelos donde las variables eran significativas y explicaban la innovación.

#### RESULTADOS: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ESTRUCTURA EN RED SOBRE LA INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA ACUÍCOLA DE SONORA

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la primera etapa. Como ya se ha explicado en el apartado anterior, en ésta se logró identificar el entramado de relaciones de las empresas con los diversos agentes externos. También se identificaron características estructurales de la red general, las cuales, indican cómo están posicionadas las empresas, así como las características de las relaciones existentes.

El análisis de la información permitió identificar que la red del sector acuícola es abierta y heterogénea, la cual, se conforma por las empresas analizadas y por agentes externos de diversa naturaleza, como son universidades, centros de investigación, dependencias públicas, organismos de la sociedad civil y empresas proveedoras de insumos. La red de innovación del sector acuícola en Sonora está conformada por 81 nodos, que representan a todas las empresas y demás organismos relacionados mediante lazos bidireccionales. La matriz que se obtuvo es una cuadrada<sup>4</sup> con un potencial de 6 400 relaciones, sin embargo, solo se registraron un total de 316 (véase [figura 2](#)).

Otra de las características de una red es el tamaño, en este caso la red se forma de 81 nodos con diámetro de 6 nodos, lo que indica la distancia geodésica más larga para llegar de un nodo a otro en la red de innovación. En este contexto, la distancia también es un buen indicador del tamaño de la red. La distancia promedio de la red es de 3.006, la cual, indica que las empresas en promedio alcanzan a tres nodos, sean estos empresas del mismo sector u organismos externos que proveen de información y conocimiento a las empresas. Lo anterior demuestra una considerable extensión de la red.

Tomando en cuenta la cantidad de nodos, se puede estimar que la red tiene una densidad del 4.9 por ciento, lo que representa un bajo porcentaje con respecto al potencial de las relaciones que se pueden generar si todos los nodos estuvieran interconectados. El nivel de densidad es un indicador que se ha obtenido de la proporción entre el número de relaciones y el número de pares.

$$\text{Densidad} = \text{Núm. de relaciones existentes} / \text{Núm. de relaciones posibles}$$

$$= 316 / (81-1)(81-1) = 0.049$$

Donde:

- Número de relaciones posibles =  $(N-1)*(N-1)$
- N = número de nodos

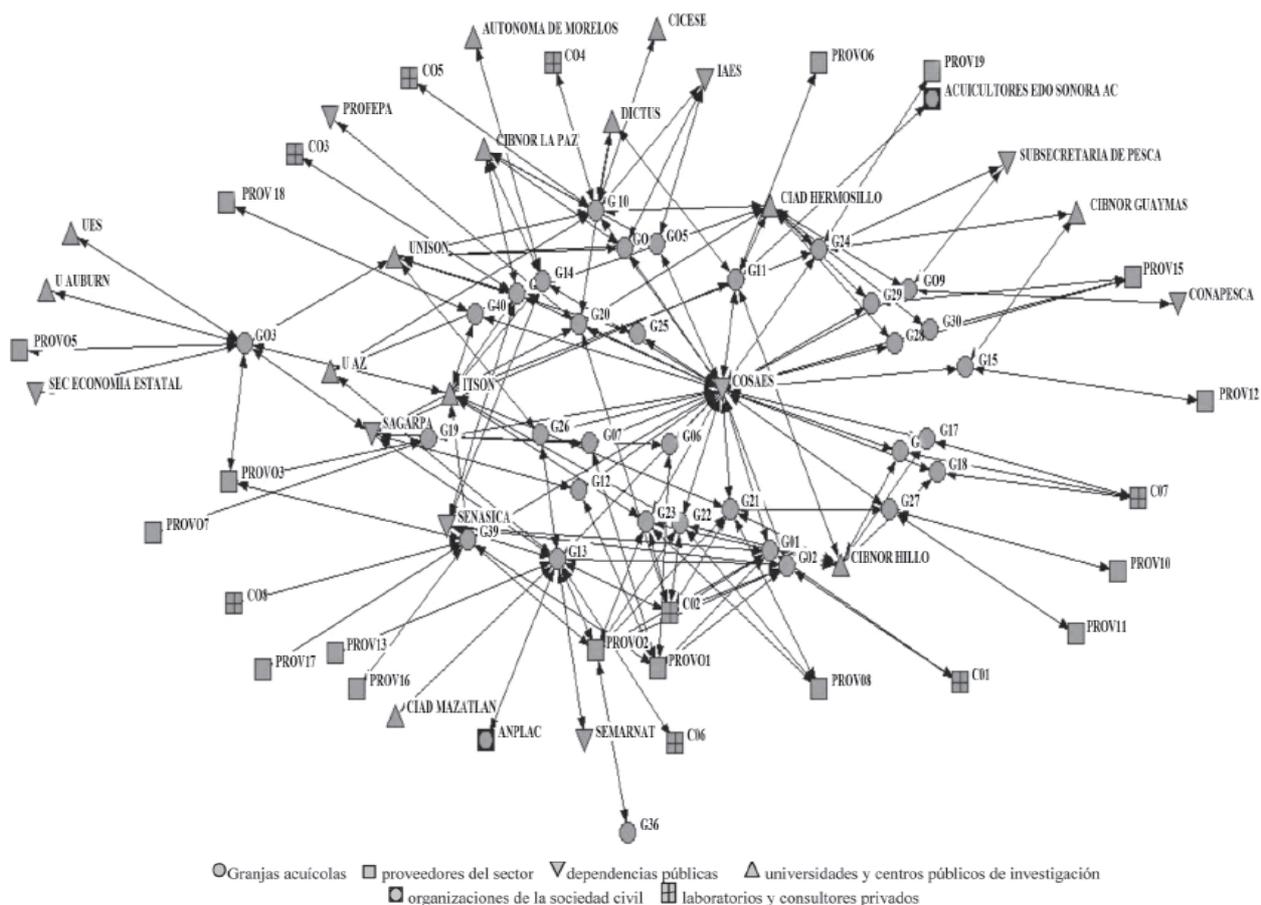
A pesar de la escasa conectividad, se obtuvo una desviación estándar de 0.922, entre un rango de 0 a 1, lo que representa la existencia de zonas de alta interconexión.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Una matriz cuadrada contiene el mismo número de filas y columnas.

<sup>5</sup> Este dato se detalla en el análisis egocéntrico.

Figura 2. (Re) Construcción de la Red de Innovación:  
 Mapa reticular de la red de innovación del sector acuícola en Sonora, región costa-centro



Fuente: elaboración propia.

La [figura 3](#) presenta un resumen de datos descriptivos que arrojó el análisis de las redes sociales para la red de innovación del sector acuícola.

Figura 3. Datos descriptivos de la red

Medida	Valor
Distancia	3.006
Tamaño	81
Diámetro	6
Densidad	0.049
Desviación estándar	0.922

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a los resultados por empresa, es importante señalar que el máximo número de fuentes con las que se relacionan las granjas oscila entre 1 y 13 fuentes externas, independientemente del giro al que pertenezcan (anexo 2, columna DEG). Los datos muestran que el mayor porcentaje de las empresas acuícolas mantienen relación con tres fuentes externas (39.39 por ciento), seguidas por aquellas que mantienen relación con seis, con un 18.18 por ciento. Las empresas que cuentan con la menor cantidad de relaciones representan una proporción muy pequeña, al igual que aquellas empresas que se relacionan con 10 a 13 fuentes. Esta información se complementa con la mostrada en el anexo 2, donde se detalla el número de relaciones que mantiene cada empresa considerada en esta investigación.

Respecto a la posición de las empresas, con base en sus índices de intermediación “INTER”, se encontró que esta variable oscila entre 0 y 485.522 en sus valores mínimo y máximo, respectivamente. Esta variable está en relación con la centralidad de acuerdo al número de relaciones directas DEG de cada empresa, ya que las compañías con valores altos en la centralidad de grado también poseen altos valores de intermediación. Los resultados indican que son las empresas acuícolas las que mantienen valores más altos, al estar mejor posicionadas al interior de la red en términos de recepción y transmisión de información o conocimiento (anexo 2). Las empresas con valores medios-altos son las que tienen mayores oportunidades de innovar, ya que tienen más opciones de las cuales pueden recibir conocimiento. Esta autonomía las hace menos dependientes ante cualquier otro actor, empresa u organización dentro de la red de innovación y, por lo tanto, más poderosas.

Figura 4. Porcentaje de las empresas relacionadas con fuentes externas

Número de fuentes externas	Porcentaje de empresas (%)	Porcentaje acumulado (%)
1	3.0	3.0
2	3.0	6.0
3	39.4	45.5
4	12.2	57.6
5	3.0	60.6
6	18.2	78.8
7	6.0	84.8
8	9.1	93.9
10	3.0	97.0
13	3.0	100.0
Total		
N: 33		

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, mediante el análisis de la posición, a través del índice de BONACICH, se encontró que las empresas con valores más altos coinciden con aquellas que tienen valores altos en los índices de intermediación y relaciones directas. La posición respecto a la cercanía con otros actores en la red ha sido analizada mediante el índice de centralidad 2STEP. Las empresas con los valores más altos, es decir, mayor

cercanía a un mayor número de actores en la red, coinciden con las que tienen una mayor diversidad en sus relaciones. La diversidad de las relaciones de las empresas va de 1 a 6 giros. Entre los giros de las empresas u organizaciones relacionadas a las empresas acuícolas se detectaron los siguientes: organizaciones del sector académico, organizaciones dedicadas a la investigación, empresas competidoras, empresas proveedoras de insumos, entidades públicas y organismos de la sociedad civil. Para confirmar lo anterior se puede visualizar la diversidad de giros en el mapa reticular (véase [figura 2](#)).

La fuerza de las relaciones fue evaluada por las empresas de manera moderada con un promedio de 1.19. De acuerdo con la clasificación definida en el apartado de descripción del método de investigación, este valor representa que las empresas no consideran que sea información o conocimiento muy importante, ni poco útil; sino que tiene un grado medio de importancia para ellas en sus procesos de desarrollo o mejora, que a la vez puede ser complementario con las capacidades científicas y tecnológicas propias de cada empresa analizada. Los datos reflejan que el 48 por ciento de las empresas tienen una relación no tan fuerte con las fuentes externas (entre 0.333 a 1). El 52 por ciento restante considera tener una relación más fuerte con sus fuentes de información y conocimiento, dentro de un rango que incluye los valores superiores a 1 y como valor máximo 2 (véase [figura 5](#)).

Figura 5. Fortaleza de la relación con fuentes externas

FZA- V	Número de empresas	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
0.333	5	15.15	15.15
0.666	4	12.12	27.27
1	7	21.21	48.48
1.3333	6	18.18	66.66
1.6666	6	18.18	84.84
2	5	15.15	100.00

Fuente: elaboración propia.

#### ANÁLISIS DE REGRESIÓN: MODELOS DE INNOVACIÓN DE PRODUCTO Y MODELO DE INNOVACIÓN DE PROCESO

A continuación se describen los resultados obtenidos en la segunda etapa del análisis, que consiste en el estudio de regresión múltiple. Como primer paso se realizó un análisis de correlación y se encontró que para cada uno de los modelos de innovación existe una fuerte correlación con las características de las relaciones, específicamente con la diversidad de los vínculos (DIVER). Estos resultados se comparan con los del análisis de regresión y encontramos algunas diferencias (véase anexo 3).

##### *a) Redes de conocimiento e innovación de producto en las empresas acuícolas*

Con respecto a la innovación de producto (Inn producto), en el primer paso del modelo se integran al análisis todas las variables. Los resultados de esta regresión arrojan un valor de  $R^2$  igual a 0.716, y los valores de los coeficientes de regresión muestran que la variable de centralidad de grado (DEG) no es relevante como determinante de los niveles de innovación en las empresas.

En el segundo paso, se corre nuevamente la regresión y se obtiene una ecuación de regresión con una  $R^2$  de 0.712. Estos resultados parciales muestran que la variable “fuerza de los vínculos” (FZA-V) no es relevante para la innovación de producto en las plantas acuícolas sonorenses. De igual forma, con el tercer paso, una vez excluida la variable FZA-V se obtiene una bondad de ajuste ( $R^2$ ) de 0.706, pero nuevamente encontramos que otra variable debe ser descontada del modelo por resultar no relevante, en este caso se trata de la variable “centralidad tipo Bonachich”.

Por último, tras haber excluido tres variables en los pasos previos, se corrió finalmente el modelo de innovación de proceso con las variables pertinentes, obteniendo un modelo con  $R^2$  igual a 0.706. La ecuación de regresión resultante es:

$$\text{INN-PRODUC} = 0.328 - 0.0001 \text{ INTERM} - 0.010 \text{ 2STEPS} + 0.135 \text{ DIVER}$$

La información detallada de los resultados del análisis de regresión múltiple por pasos (hacia atrás) se muestra en las figuras 6, 7, 8, 9 y 10. Estos resultados permiten observar que la innovación de producto de las plantas camaronícolas de la costa centro de Sonora, es explicada en buena medida por algunas variables de posición de la empresa dentro de la red de flujos de conocimiento, particularmente, la centralidad de intermediación INTERM (medida en base a la capacidad de la firma para conectar nodos desvinculados entre sí); no obstante, la innovación de producto está relacionada especialmente con una de las características de los enlaces: la variedad de los contactos (DIVER), es decir, el grado de heterogeneidad que tiene el conjunto de organizaciones que le transfieren conocimientos, ideas e información tecnológica.

Figura 6. Variables introducidas/eliminadas en el modelo de innovación de producto

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, 2STEP, DEG		Introducir
2		DEG	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para salir $\geq$ .100).
3		FZA-V	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para salir $\geq$ .100)
4		BONACICH	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para salir $\geq$ .100)

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Resumen del modelo innovación de producto

Modelo	R	R cuadrado	$R^2$ (ajust.)	Error típ. de estimación	Estadísticos de cambio				
1	.846 <sup>a</sup>	0.716	0.650	0.066245	0.716	10.909	6	26	0.000
2	.844 <sup>b</sup>	0.712	0.659	0.065381	-0.003	0.300	1	26	0.589
3	.840 <sup>c</sup>	0.706	0.664	0.064915	-0.006	0.602	1	27	0.444
4	.825 <sup>d</sup>	0.680	0.647	0.066507	-0.026	2.440	1	28	0.130

<sup>a</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, 2STEP, DEG

<sup>b</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, 2STEP

<sup>c</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, BONACICH, INTERM, 2STEP

<sup>d</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, INTERM, 2STEP

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Análisis de varianza del modelo innovación de producto

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	0.287	6	0.048	10.909	.000 <sup>a</sup>
	Residual	0.114	26	0.004		
	Total	0.401	32			
2	Regresión	0.286	5	0.057	13.378	.000 <sup>b</sup>
	Residual	0.115	27	0.004		
	Total	0.401	32			
3	Regresión	0.283	4	0.071	16.810	.000 <sup>c</sup>
	Residual	0.118	28	0.004		
	Total	0.401	32			
4	Regresión	0.273	3	0.091	20.579	.000 <sup>d</sup>
	Residual	0.128	29	0.004		
	Total	0.401	32			

<sup>a</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, 2STEP, DEG

<sup>b</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, 2STEP

<sup>c</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, BONACICH, INTERM, 2STEP

<sup>d</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, INTERM, 2STEP

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Coeficientes del modelo innovación de producto

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.
		B	Error típ.	Beta	t	
1	(Constante)	0.317	0.076		4.156	0.000
	DEG	-0.007	0.013	-0.158	-0.548	0.589
	INTERM	0.000	0.000	-0.328	-1.331	0.195
	BONACICH	0.004	0.003	0.184	1.577	0.127
	2STEP	-0.010	0.003	-0.553	-3.883	0.001
	FZA-V	0.018	0.022	0.088	0.811	0.425
	DIVER	0.137	0.018	1.205	7.415	0.000

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.
		B	Error típ.	Beta	t	
2	(Constante)	0.325	0.074		4.399	0.000
	INTERM	0.000	0.000	-0.441	-3.355	0.002
	BONACICH	0.004	0.002	0.193	1.695	0.102
	2STEP	-0.011	0.002	-0.581	-4.402	0.000
	FZA-V	0.017	0.022	0.083	0.776	0.444
	DIVER	0.134	0.017	1.173	7.839	0.000
3	(Constante)	0.340	0.071		4.814	0.000
	INTERM	0.000	0.000	-0.429	-3.308	0.003
	BONACICH	0.004	0.002	0.171	1.562	0.130
	2STEP	-0.011	0.002	-0.573	-4.386	0.000
	DIVER	0.133	0.017	1.171	7.884	0.000
4	(Constante)	0.328	0.072		4.557	0.000
	INTERM	0.0001	0.000	-0.389	-2.990	0.006
	2STEP	-0.010	0.002	-0.555	-4.165	0.000
	DIVER	0.135	0.017	1.185	7.806	0.000

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Variables excluidas del modelo innovación de producto

Modelo		Beta dentro	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticos de colinealidad
2	DEG	-.158 <sup>a</sup>	-0.548	0.589	-0.107	0.131
3	DEG	-.137 <sup>b</sup>	-0.481	0.634	-0.092	0.132
	FZA-V	.083 <sup>b</sup>	0.776	0.444	0.148	0.928
4	DEG	-.207 <sup>c</sup>	-0.722	0.477	-0.135	0.136
	FZA-V	.038 <sup>c</sup>	0.354	0.726	0.067	0.989
	BONACICH	.171 <sup>c</sup>	1.562	0.130	0.283	0.877

<sup>a</sup> Variables predictoras en el modelo: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, 2STEP

<sup>b</sup> Variables predictoras en el modelo: (Constante), DIVER, BONACICH, INTERM, 2STEP

<sup>c</sup> Variables predictoras en el modelo: (Constante), DIVER, INTERM, TWOSTEP

Fuente: elaboración propia.

Al igual que en la innovación de producto, para la de proceso se realizó un análisis de regresión múltiple, en la modalidad de pasos hacia atrás, para la elaboración de un modelo de determinantes que incluye las variables dependientes establecidas anteriormente.

En el primer paso se incluyeron las variables independientes (6) y se obtuvo un modelo con  $R^2$  de 0.563. Esta primera regresión permitió constatar que la variable “cercanía” (2STEP) no es relevante en el modelo de innovación de proceso. Esta variable se descartó en el siguiente paso.

En el paso dos, en cambio, se encuentra que la variable de centralidad de intermediación (INTERM) no es relevante. La bondad de ajuste del modelo de regresión se mantiene casi estable ( $R^2$  de 0.562) y se procede a correr en un tercer paso el modelo. En este paso, la variable de centralidad de grado (DEG) resultó no relevante para el modelo con una  $R^2$  igual a 0.549. Al eliminar la variable DEG en el modelo de regresión se obtuvo que la bondad de ajuste disminuye a 0.538 y la variable FZA-V resulta poco significativa.

Por último, en un quinto paso corremos el modelo y se encuentra que el modelo de regresión se circunscribió a dos variables restantes dependientes: centralidad tipo BONACICH y diversidad de las relaciones. La bondad de ajuste del modelo en este paso fue de  $R^2 = 0.505$ . Este último paso permitió obtener el modelo de regresión final para la innovación de proceso. La ecuación de regresión resultante es:

$$\text{INN-PROCESS} = 0.152 - 0.008 \text{ BONACICH} + 0.055 \text{ DIVER}$$

Las figuras [11](#), [12](#), [13](#), [14](#) y [15](#) muestran los resultados para cada uno de los pasos. Estos resultados permiten observar que la innovación de proceso de las plantas camaronícolas de la costa centro de Sonora es explicada básicamente por una de las variables referentes a las características de los vínculos.

Particularmente, resultó relevante para explicar este tipo de innovación la diversidad de fuentes de conocimiento (DIVER) y, en menor medida, la centralidad tipo BONACICH.

Figura 11. Variables introducidas/eliminadas  
en modelo innovación de proceso

Modelo	VARIABLES introducidas	VARIABLES eliminadas	Método
1	DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, 2STEP, DEG	.	Introducir
2	.	2STEP	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para salir $\geq$ .100).
3	.	INTERM	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para salir $\geq$ .100).
4	.	DEG	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para salir $\geq$ .100).
5	.	FZA	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para salir $\geq$ .100).

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Resumen del modelo innovación de proceso

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (ajust.)	Error típ. de estimación	Estadísticos de cambio				
1	.750 <sup>a</sup>	0.563	0.462	0.059407	0.563	5.576	6	26	0.001
2	.750 <sup>b</sup>	0.562	0.481	0.058314	0.000	0.015	1	26	0.902
3	.741 <sup>c</sup>	0.549	0.485	0.058106	-0.013	0.801	1	27	0.379
4	.733 <sup>d</sup>	0.538	0.490	0.057817	-0.011	0.713	1	28	0.406
5	.711 <sup>e</sup>	0.505	0.472	0.058843	-0.033	2.074	1	29	0.161

<sup>a</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, 2STEP, DEG

<sup>b</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, DEG

<sup>c</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, DEG

<sup>d</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH

<sup>e</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, BONACICH

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Análisis de variación del modelo Innovación de Proceso

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	0.118	6	0.020	5.576	.001 <sup>a</sup>
	Residual	0.092	26	0.004		
	Total	0.210	32			
2	Regresión	0.118	5	0.024	6.942	.000 <sup>b</sup>
	Residual	0.092	27	0.003		
	Total	0.210	32			
3	Regresión	0.115	4	0.029	8.538	.000 <sup>c</sup>
	Residual	0.095	28	0.003		
	Total	0.210	32			
4	Regresión	0.113	3	0.038	11.258	.000 <sup>d</sup>
	Residual	0.097	29	0.003		
	Total	0.210	32			
5	Regresión	0.106	2	0.053	15.302	.000 <sup>e</sup>
	Residual	0.104	30	0.003		
	Total	0.210	32			

<sup>a</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, 2STEP, DEG

<sup>b</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, DEG

<sup>c</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, DEG

<sup>d</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH

<sup>e</sup> Variables predictoras: (Constante), DIVER, BONACICH

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Coeficientes del modelo innovación de proceso

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		Error típ.	Beta			
1	(Constante)	.135	.068		1.974	.059
	DEG	-.012	.011	-.385	-1.074	.293
	INTERM	.000	.000	.247	.808	.427
	BONACICH	-.007	.002	-.454	-3.143	.004
	2STEP	.000	.002	-.022	-.124	.902
	FZA-V	.030	.020	.208	1.540	.136
	DIVER	.066	.017	.796	3.952	.001
2	(Constante)	.128	.041		3.116	.004
	DEG	-.013	.010	-.400	-1.213	.236
	INTERM	.000	.000	.257	.895	.379
	BONACICH	-.007	.002	-.457	-3.255	.003
	FZA-V	.030	.019	.207	1.565	.129
	DIVER	.065	.015	.788	4.205	.000
3	(Constante)	.117	.039		2.996	.006
	DEG	-.005	.006	-.156	-.844	.406
	BONACICH	-.007	.002	-.431	-3.149	.004
	FZA-V	.030	.019	.205	1.552	.132
	DIVER	.062	.015	.759	4.126	.000
4	(Constante)	.123	.038		3.213	.003
	BONACICH	-.007	.002	-.446	-3.299	.003
	FZA-V	.027	.019	.187	1.440	.161
	DIVER	.054	.011	.651	4.917	.000
5	(Constante)	.152	.033		4.566	.000
	BONACICH	-.008	.002	-.489	-3.649	.001
	DIVER	.055	.011	.673	5.023	.000

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Variables excluidas del modelo innovación de proceso

Modelo	Beta dentro	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticos de colinealidad	
2	2STEP	-.022 <sup>a</sup>	-.124	.902	-.024	.538
3	2STEP	-.062 <sup>b</sup>	-.369	.715	-.071	.585
	INTERM	.257 <sup>b</sup>	.895	.379	.170	.196
4	2STEP	-.088 <sup>c</sup>	-.541	.593	-.102	.612
	INTERM	-.031 <sup>c</sup>	-.189	.852	-.036	.616
	DEG	-.156 <sup>c</sup>	-.844	.406	-.158	.469
5	2STEP	-.069 <sup>d</sup>	-.419	.679	-.078	.616
	INTERM	-.002 <sup>d</sup>	-.012	.991	-.002	.626
	DEG	-.109 <sup>d</sup>	-.585	.563	-.108	.482
	FZA-V	.187 <sup>d</sup>	1.440	.161	.258	.948

<sup>a</sup> Variables predictoras en el modelo: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, INTERM, DEG

<sup>b</sup> Variables predictoras en el modelo: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH, DEG

<sup>c</sup> Variables predictoras en el modelo: (Constante), DIVER, FZA-V, BONACICH

<sup>d</sup> Variables predictoras en el modelo: (Constante), DIVER, BONACICH

Fuente: elaboración propia.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con este trabajo se ha planteado contribuir al estudio empírico de la relevancia que tienen las relaciones en red sobre la innovación tecnológica en sistemas productivos locales. En particular, se han analizado las características del entramado de flujos de transferencia de conocimiento (redes de conocimiento), su configuración y efecto sobre el desempeño en innovación de las plantas acuícolas ubicadas en la región costera central del estado de Sonora.

Los resultados muestran que la posición influye en la innovación con muy bajo impacto y de manera inversa; contrario a lo que muchos estudios han encontrado sobre las ventajas de una posición central respecto a la acumulación de conocimiento (Laumann y Pappi 1976; Freeman y Soete 1997; Zaher y Bell 2005). Asimismo, la posición centralizada sustentada en los vínculos indirectos, con base en el índice de bonacich, influye en la innovación de proceso, aunque de manera muy escasa, contrario a lo que autores como Paruchuri (2010) y Ouimet et al. (2004) han encontrado. Ellos consideran que es más ventajoso estar relacionado con más actores y que estos estén bien conectados como garantía de acceso a un mayor número de fuentes de conocimiento.

Estos resultados pueden coincidir con los de Pietrobelli y Rabelotti (2009), quienes afirman que con una mayor cantidad de vínculos podría generarse menos innovación, al implicar un riesgo en los procesos de transferencia de conocimiento. La influencia inversa, entre las variables de posición y la innovación, se puede estar presentando debido a relaciones entre actores que a la vez están posicionados de manera centralizada y que pudieran ser obstáculo en los flujos de información y conocimiento.

Como se ha visto, la influencia de la posición en la red no es tan marcada con respecto al acceso a fuentes de conocimiento con impacto en la innovación de las empresas. Es la diversidad de las fuentes de conocimiento con las que se relacionan las empresas, la variable de mayor influencia, mientras que la fortaleza

no resultó ser una variable con impacto en la innovación tecnológica de las empresas. Sin embargo, no es común encontrar estudios que hayan considerado la diversidad de los vínculos.

Los estudios que han analizado las características de los vínculos se han basado más en el análisis de la fuerza de las relaciones. Sin embargo, hay un debate amplio respecto a las ventajas de la fortaleza de los vínculos y otro muy escaso sobre la diversidad de los vínculos. Al ser la diversidad de las fuentes de conocimiento la variable más influyente, se cree que la diversidad de las fuentes de conocimiento que relacionan a las empresas permite un mayor acceso a nuevos conocimientos y, por lo tanto, la generación de nuevas ideas. Asimismo, de acuerdo con Fritsch y Kauffeld-Monz (2010), la diversidad puede representar un indicador de no redundancia de la información.

Una de las limitaciones de este estudio es que las empresas acuícolas no constituyen huecos o fungen como intermediarios entre conglomerados o grupos, ya que son organismos públicos que brindan apoyo a las empresas, quienes toman posiciones de este tipo en la red. Por lo tanto, la posición en términos de intermediación entre grupos, no influye tanto en los procesos de innovación. También, resulta de particular importancia en escenarios de desarrollo, donde existe una diversidad de agentes de conocimiento, que se demuestre estadísticamente el impacto que tiene el apoyo interinstitucional sobre los niveles de innovación. Por lo tanto, a nivel de política pública, es un buen camino promover la diversidad de las relaciones entre las empresas y organismos generadores de conocimiento, no solo con organismos de apoyo, como son las comisiones y organismos gubernamentales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahuja, G. 2000. Collaboration networks, structural holes, and innovation: a longitudinal study. *Administrative Science Quarterly* XLV: 425-455.
- Borgatti, S. y P. Foster. 2003. The network paradigm in organizational research: A review and typology. *Journal of Management* XXIX (6): 991-1013.
- Borgatti, S., M. Everett y L. Freeman. 2002. Ucinet for Windows: Software for social network analysis. Analytic Technologies.
- Borgatti, S., A. Mehra, D. Brass y G. Labianca. 2009. Network analysis in the social sciences. *Science* CCCXXIII (5916): 892-895.
- Bott, E. 1957. *Family and social network: Roles, norms, and external relationships in ordinary urban families*. Routledge.
- Brown S. y K. Eisenhardt. 1995. Product development: Past research, present findings and future directions. *Academy of Management Review* XX (2): 343-378.
- Burt, R. 1992. *Structural Holes: The social structure of competition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- \_\_\_\_\_. 2000. The network structure of social capital. *Research in organizational behavior* XXII: 345-423.
- Caloghirou, Y., I. Kastelli y A. Tsakanikas. 2004. Internal capabilities and external knowledge sources: complements or substitutes for innovative performance? *Technovation* XXIV (1): 29-39.

- Coleman, J. 2000. Social capital in the creation of human capital. En Dasgupta P. y I. Serageldin. *Social capital. A multifaceted Perspective*. Washington, D. C.: The World Bank.
- D'Costa, A. 2002. Export growth and pathdependence: The locking-in of innovations in the software industry. *Science Technology & Society* VII (1), 51-89.
- Ebadi, Y. y J. Utterback. 1984. The effect of communication on technological innovation. *Management Science* XXX (5): 572-586.
- FAO. 2012. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012*. Roma: FAO.
- Feldman, M. y P. Braunerhjelm (editores). 2006. *Cluster genesis*. Oxford: Oxford University Press.
- Freeman, C. y L. Soete. 1997. *The Economics of Industrial Innovation*. London: Pinter.
- Fritsch, M. y M. Kauffeld-Monz. 2010. The impact of network structure on knowledge transfer: an application of social network analysis in the context of regional innovation networks. *The Annals of Regional Science* XLIV (1): 21-38.
- Giuliani, E. y M. Bell. 2005. The microdeterminants of meso-level learning and innovation: evidence from a Chilean wine cluster. *Research Policy* XXXIV (1): 47-68.
- Gomes, C. y I. Kruglianskas. 2009. Management of external sources of technological information and innovation performance. *Int. J. Innovation and Technology Management* VI (2): 207-226.
- Graf, H. y J. Krüger. 2010. The performance of gatekeepers in innovator networks. *Industry and Innovation* XVIII (1): 69-88.
- Granovetter, M. 1973. The strength of weak ties. *American Journal of Sociology* LXXVIII: 1360-1380.
- \_\_\_\_\_. 1985. Economic action and social structure: a theory of embeddedness. *American Journal of Sociology* XCI: 481-510.
- \_\_\_\_\_. 2005. The impact of social structure on economic outcomes. *Journal of Economic Perspective* XIX (1): 33-50.
- Guerrero-Olazarán, E., E. Cab, L. Galán y J. Viader. 2004. Biotecnología de proteínas recombinantes para la aplicación en acuicultura. En Cruz, L., D. Ricque, M. Nieto, D. Villarreal, U. Scholz y M. Gonzál (eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Hermosillo, Sonora. México. 16-19 Noviembre, 245-258.
- Hanneman, R. y M. Riddle. 2005. *Introduction to social network methods*. Riverside, CA: University of California, Riverside.
- Hansen, M. 1999. The search-transfer problem: The role of weak ties in sharing knowledge across organization subunits. *Administrative Science Quarterly* XLIV (1): 82-111.

- Heckathorn, D. 1997. Respondent driven sampling: A new approach to the study of hidden populations. *Social Problems* XLIV (2): 174-199.
- Herminia, I. 1993. Network centrality, power, and innovation involvement: determinants of technical and administrative roles. *Academy of Management Journal* XXXVI (3), 471-502.
- Innes, J. y Booher D. 1999. Consensus building and complex adaptive systems. *Journal of the American Planning Association*, LXV (4), 412-423.
- \_\_\_\_\_. 2010. *Planning with Complexity: An Introduction to Collaborative Rationality for Public Policy*. Routledge.
- Kline, S. y N. Rosenberg 1986. An Overview of innovation. En *The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth*, editado por Landau R. y N. Rosenberg. Washington: National Academy Press.
- Knok, D. y S. Yang. 2008. *Social Network Analysis*. United States of America: Sage.
- Labianca, G., D. Brass y B. Gray. 1998. Social networks and perceptions of intergroup conflict: The role of negative relationships and third parties. *Academy of Management Journal* XLI (1): 55-67.
- Laumann, E. y F. Pappi. 1976. *Networks of Collective Action: A Perspective on Community Influence Systems*. Academic Press: New York.
- Laursen, K. y A. Salter. 2006. Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms. *Strategic Management Journal* XXVII (2): 131-150.
- Lin, N., Ensel, W. M. and Vaughn J. C. (1981). Social resources and strength of ties: Structural factors in occupational status attainment. *American Sociological Review* 46: 393-405.
- Liu, J. y C. Chaminade. 2009. Dynamics of a technological innovator network and its impact on technological performance. *CIRCLE Working Paper* (10).
- Lundvall B. 1992. User-producer relationships, national systems of innovation and internalization. En *National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*, editado por Lundvall B. London: Pinter.
- McCarthy, B. 2008. The evolution and transformation of networks: a study of private health insurance in Ireland. *Irish Journal of Management* XXIX (1): 87-113.
- Monge, M. y F. Hartwich. 2008. Análisis de redes sociales aplicado al estudio de los procesos de innovación agrícola. *redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales* XIV (1): 000-0.
- Montemayor-Leal, J., R. Mendoza, C. Aguilera y G. Rodríguez. 2005. Moléculas sintéticas y extractos animales y vegetales como atractantes alimenticios para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista Aquatic* (22): 1-10.

- Moreno, J. 1951. *Sociometry, Experimental Method and Science of Society*. Beacon, NY: Beacon House.
- Narula, R. 2002. Innovation systems and 'inertia' in R&D location: Norwegian firms and the role of systemic lock-in. *Research Policy* XXXI (5): 795-816.
- Nooteboom, B. 2004. *Inter-firm collaboration, learning and networks. An integrated approach*. London. Routledge.
- \_\_\_\_\_. 1999. Innovation and inter-firm linkages: new implications for policy. *Research Policy* XXVIII (8): 793-805.
- Norzagaray, M., P. Muñoz, L. Sánchez, L. Capurro y O. Llánes. 2012. Acuicultura: estado actual y retos de la investigación en México. *AquaTIC* (37): 20-25. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.
- Ouimet, M., R. Landry y N. Amara. 2004. Network positions and radical innovations: A social network analysis of the Quebec optics and photonics cluster. *DRUID Summer Conference 2004*. Elsinore, Denmark.
- Padua, J. 1979. *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales*. México: FCE.
- Paruchuri, S. 2010. Intraorganizational Networks, Interorganizational Networks, and the Impact of Central Inventors: A Longitudinal Study of Pharmaceutical Firms. *Organization Science* XXI (1): 63-80.
- Piana, J. y R. Erdman. 2001. Factores generadores de competitividad de la manufactura: una relación entre prácticas y resultados. *Rev. Adm. UFSM* IV (1): 73-90.
- Pietrobelli, C. y R. Rabellotti. 2009. Innovation systems and global value chains. En *Handbook of innovation systems and developing countries*, editado por Lundvall B., K. Joseph, C. Chaminade y J. Vang. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Powell, W., K. Koput y L. Smith-Doerr. 1996. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology. *Administrative Science Quarterly* XLI (1):116-145.
- Reagans, R. y B. McEvily. 2003. Network Structure and Knowledge Transfer: The Effects of Cohesion and Range. *Administrative Science Quarterly* XLVIII (2): 240-67.
- Reagans, R., y E. Zuckerman. 2001. Networks, diversity and performance: The social capital of R&D units. *Organization Science* XII (4): 502-517.
- Rothwell, R., C. Freeman, J. Robertson y J. Townsend. 1974. SAPPHO updated: Project SAPPHO Phase 2. *Research Policy* III (3): 258-291.
- Sabatier, P. y H. Jenkins-Smith (editors). 1993. *Policy change and learning: an advocacy coalition approach*. Boulder, CO: Westview Press.
- Scott, A. 1996. Regional motors of the global economy. *Futures* 28 (5): 391-411.

- Scott, J. 2000. *Social network analysis. A handbook*. London: Sage.
- Szulanski, G. 1996. Exploiting internal stickiness: impediments to the transfer of best practice. *Strategic Management Journal* Winter Special Issue (17): 27–43.
- Urban G. y E. Von Hippel. 1988. Lead user analysis for development of new industrial products. *Management Science* XXXIV (5): 569-582.
- Uzzi, B. 1997. Social structure and competition in interfirm networks: The paradox of embeddedness. *Administrative Science Quarterly* XLII: 35-67.
- Wasserman, S. y K. Faust. 1994. *Social network analysis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Zaheer, A. y G. Bell. 2005. Benefiting from network position: Firm capabilities, structural holes and performance. *Strategic Management Journal* XXVI (9): 809-826.

## ANEXO 1

### Índice de innovación: variables dependientes

No.	Nodo	Promedio innovación producto	Promedio innovación proceso
1	G01	0.216	0.346
2	G02	0.216	0.346
3	G03	0.216	0.346
4	G04	0.198	0.254
5	G05	0.198	0.18
6	G06	0.198	0.18
7	G07	0.198	0.18
8	G08	0.18	0.216
9	G09	0.272	0.328
10	G10	0.272	0.402
11	G11	0.328	0.254
12	G12	0.234	0.272
13	G13	0.476	0.328
14	G14	0.198	0.216
15	G15	0.402	0.476
16	G16	0.328	0.328
17	G17	0.328	0.328
18	G18	0.328	0.328
19	G19	0.328	0.216
20	G20	0.42	0.328
21	G21	0.55	0.402
22	G22	0.55	0.402
23	G23	0.55	0.402
24	G24	0.42	0.42
25	G25	0.234	0.252
26	G26	0.234	0.252
27	G27	0.252	0.252
28	G28	0.402	0.272
29	G29	0.402	0.272
30	G30	0.402	0.272
31	G36	0.402	0.18
32	G39	0.328	0.234
33	G40	0.402	0.42

Fuente: elaboración propia.

## ANEXO 2

### Medidas de la posición en la red (centralidad) y de las características de los nexos: variables independientes

No.	Nodo	Centralidad de grado	Centralidad de intermediación		Centralidad de cercanía	Características de las relaciones	
		DEG	INTER	BONACICH	2STEP	FZA-V	DIVER
1	G01	6	77.995	1477.210	37	1.333	3
2	G02	6	77.995	1477.210	37	1.333	3
3	G03	8	335.975	643.500	28	1	3
4	G04	4	40.368	1031.620	35	0.666	2
5	G05	4	40.368	1031.620	35	0.666	2
6	G06	3	19.471	993.077	34	0.666	2
7	G07	3	19.471	993.077	34	0.666	2
8	G08	8	174.156	1682.054	39	2	3
9	G09	4	113.959	962.950	34	0.333	2
10	G10	10	339.133	1506.105	41	2	3
11	G11	7	209.672	1414.430	38	0.333	4
12	G12	3	19.471	993.077	34	1.666	2
13	G13	13	485.522	2115.950	45	1	6
14	G14	5	111.287	1219.580	36	2	2
15	G15	3	106.307	748.184	33	1.333	3
16	G16	3	29.771	967.015	33	1.666	3
17	G17	3	29.771	967.015	33	1.666	3
18	G18	3	29.771	967.015	33	1.666	3
19	G19	3	102.817	764.240	34	1.333	2
20	G20	6	131.747	1386.960	37	1	3
21	G21	7	98.549	1812.510	40	1.333	5
22	G22	6	65.549	1678.028	38	1.666	4
23	G23	6	65.549	1678.028	38	1.666	4
24	G24	6	187.848	1236.066	37	1	4
25	G25	2	8.799	842.771	33	1	2

No.	Nodo	Centralidad de grado	Centralidad de intermediación		Centralidad de cercanía	Características de las relaciones	
		DEG	INTER	BONACICH	2STEP	FZA-V	DIVER
26	G26	3	18.799	1131.580	44	1	3
27	G27	4	157	981.340	38	2	3
28	G28	3	29.501	956.547	33	0.333	3
29	G29	3	29.501	956.547	33	0.333	3
30	G30	3	29.501	956.547	33	0.333	3
31	G36	1	0	221.930	8	1.333	1
32	G39	8	309.189	1421.150	40	1	4
33	G40	3	85.188	943.890	34	2	3
MIN	13	485.522	2115.950	45.000	2.000	6.000	
MAX	1	0.000	221.930	8.000	0.333	1.000	
Promedio	4.848	108.484	1156.327	35.121	1.191	2.969	

Fuente: elaboración propia.

## ANEXO 3

### Análisis de correlación

		Inn Proceso	Inn Product	DEG	INTERM	BONACICH	2STEP	FZA	DIVER
Inn Proceso	Correlación de Pearson	1	.555**	.300	.240	-.298	.251	.308	.534**
	Sig. (bilateral)		.001	.090	.179	.093	.159	.081	.001
Inn Producto	Correlación de Pearson	.555**	1	.161	.093	.225	.021	.020	.614**
	Sig. (bilateral)	.001		.370	.608	.207	.908	.912	.000
DEG	Correlación de Pearson	.300	.161	1	.889**	.265	.566**	.131	.717**
	Sig. (bilateral)	.090	.370		.000	.136	.001	.466	.000
INTERM	Correlación de Pearson	.240	.093	.889**	1	.321	.393*	.089	.591**
	Sig. (bilateral)	.179	.608	.000		.069	.024	.623	.000
BONACICH	Correlación de Pearson	-.298	.225	.265	.321	1	.246	-.200	.284
	Sig. (bilateral)	.093	.207	.136	.069		.168	.265	.109
2STEP	Correlación de Pearson	.251	.021	.566**	.393*	.246	1	.074	.615**
	Sig. (bilateral)	.159	.908	.001	.024	.168		.681	.000
FZA-V	Correlación de Pearson	.308	.020	.131	.089	-.200	.074	1	.049
	Sig. (bilateral)	.081	.912	.466	.623	.265	.681		.785
DIVER	Correlación de Pearson	.534**	.614**	.717**	.591**	.284	.615**	.049	1
	Sig. (bilateral)	.001	.000	.000	.000	.109	0	.785	

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).      \*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

Octubre de 2015  
(edición impresa)

Octubre de 2016  
(edición electrónica)

Diseño de portada:  
Miguel Ángel Campuzano

Imagen de portada: Dodecahedron VIII

Tomada del sitio: <https://www.shapeways.com/model/1134187/dodecahedron-viii-large.html?materialId=90>

Diseñada por:  
Bulatov Abstract Creations

Corrección de estilo y compuedición:  
Arturo Trejo  
Editorial Albatros

Departamento de Difusión Cultural de  
El Colegio de Sonora

