



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES Y
TECNOLÓGICAS DE LA AGROINDUSTRIA Y LA
AGRICULTURA MUNDIAL

SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LA AGRICULTURA EN MÉXICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO AGROINDUSTRIALES

PRESENTA:

ANGELICA TORRES AVILA

Bajo la supervisión de: JORGE AGUILAR ÁVILA, Dr.



APROBADA



Chapingo, Estado de México, 11 de marzo de 2021

SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LA AGRICULTURA EN MÉXICO

Tesis realizada por **ANGÉLICA TORRES AVILA** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO AGROINDUSTRIALES

DIRECTOR:




DR. JORGE AGUILAR ÁVILA

ASESOR:



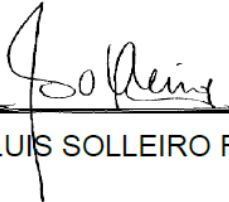
DR. VINICIO HORACIO SANTOYO CORTÉS

ASESOR:



DR. ENRIQUE GENARO MARTÍNEZ GONZÁLEZ

LECTOR EXTERNO:



DR. JOSÉ LUIS SOLLEIRO REBOLLEDO

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
ABREVIATURAS USADAS	xi
DEDICATORIAS.....	xiii
AGRADECIMIENTOS	xiv
DATOS BIOGRÁFICOS	xv
RESUMEN GENERAL	xvi
GENERAL ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Planteamiento del problema y justificación	1
1.2 Objetivos particulares y preguntas de investigación	7
1.2.1 Objetivos particulares.....	7
1.2.2 Preguntas de investigación	8
1.3 Estructura de la tesis	8
1.4 Literatura citada	9
CAPÍTULO 2 EL ENFOQUE DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN EN LA AGRICULTURA: ORIGEN Y APLICACIONES	14
2.1 Tipos de innovación y las dimensiones que atienden	14
2.2 Teoría evolucionista de la innovación y el cambio tecnológico	17
2.2.1 Sistema de innovación	22

2.2.2	La innovación y la pertinencia de utilizar un enfoque sistémico para su estudio	24
2.2.3	Componentes del sistema de innovación.....	26
2.2.4	Sistemas de innovación sectorial y tecnológico	28
2.3	Del enfoque lineal al enfoque sistémico en los estudios sobre la innovación agrícola	31
2.3.2	La dinámica del sistema de innovación agrícola	37
2.3.3	Fallas del sistema de innovación.....	41
2.3.4	Intermediarios de la innovación.....	45
2.4	El escalado de la innovación: un desafío para el sistema de innovación	47
2.5	Sistema de innovación y cadena de valor.....	49
2.5.1	Complementariedad entre el SI y la CV	49
2.5.2	Gobernanza en la CV como mecanismo de innovación.....	51
2.6	Reflexiones finales.....	53
2.7	Literatura citada	55
CAPÍTULO 3 TRAYECTORIA DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN DEL CULTIVO DE GIRASOL EN MÉXICO, 1965-2018*		62
3.1	Introducción	63
3.2	El sistema de innovación como marco analítico	64
3.3	Materiales y métodos.....	67
3.4	Resultados.....	70
3.4.1	Dinámica histórica del cultivo de girasol en México	70
3.4.2	Funciones del sistema de innovación girasol alto oleico	83

3.4.3	Intermediarios de innovación en la sostenibilidad del girasol alto oleico	89
3.4.4	Discusión y conclusiones	93
3.4.5	Literatura citada.....	97

CAPÍTULO 4 LA INNOVACIÓN EN LA CADENA DE VALOR DE PIÑA EN MÉXICO: UNA EXPRESIÓN DEL PROCESO DE ADOPCIÓN MUNDIAL DEL HÍBRIDO MD-2 102

4.1	Introducción	103
4.2	Antecedentes teóricos	104
4.3	Metodología	105
4.3.1	Área de estudio	106
4.3.2	Colecta de información.....	106
4.3.3	Procesamiento y análisis de la información	107
4.4	Resultados.....	109
4.4.1	Hitos históricos de la producción mundial de piña.....	109
4.4.2	Funciones del sistema de innovación global de piña MD-2.....	113
4.4.3	Hitos históricos de la producción de piña en México.....	119
4.4.4	Funciones del sistema de innovación piña MD-2 en México.....	122
4.5	Discusión	128
4.6	Conclusión	133
4.7	Literatura citada	135

CAPÍTULO 5 DINÁMICA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CEBADA MALTERA DESDE UNA PERSPECTIVA DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN 141

5.1	Introducción	142
-----	--------------------	-----

5.2	Abordaje teórico metodológico	145
5.3	Metodología	146
5.4	Resultados.....	150
5.4.1	Periodo I. Despegue del cultivo y primeros desarrollos (1940-1964) 151	
5.4.2	Periodo II. Expansión del cultivo y optimización de la actividad (1965-1982).....	156
5.4.3	Periodo III. Contracción de la producción en un contexto de apertura comercial (1983-2000).....	158
5.4.4	Periodo IV. Restructuración de la actividad hacia un enfoque de producción sustentable y local (2001-2016)	161
5.4.5	Periodo V. Actualización tecnológica y estrategias dirigidas para el desarrollo de proveedores (2016-actualidad)	163
5.4.6	Funciones del sistema de innovación cebada maltera	169
5.5	Conclusión	174
5.6	Literatura citada	175
CAPÍTULO 6 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES		179
6.1	Alcances teóricos y prácticos de la investigación	179
6.1.1	La innovación como resultante de un proceso: implicaciones para su análisis	180
6.1.2	Cadena de valor para delinear el sistema de innovación	181
6.2	Principales hallazgos	183
6.2.1	Características de los sistemas de innovación.....	183
6.2.2	Factores que guían los procesos de innovación	189

6.2.3 Aprendizajes relevantes de los sistemas de innovación estudiados
194

6.3 Conclusiones 196

6.4 Literatura citada 197

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Categorías funcionales para identificar innovaciones de proceso....	16
Cuadro 2. Comparación entre la teoría económica evolutiva y la neo-clásica..	20
Cuadro 3. Diferencias entre el SIS y el SIT.	30
Cuadro 4. Perspectivas teóricas de la innovación agrícola.....	35
Cuadro 5. Tipos de gobernanza en las cadenas de valor y mecanismos de aprendizaje asociados.	54
Cuadro 6. Tipos de eventos como indicadores de las funciones del SI.	69
Cuadro 7. Principales bloqueos de las funciones más débiles o inconsistentes del SI girasol.	86
Cuadro 8. Tipos de eventos como indicadores de las funciones del SI.	108
Cuadro 9. Tipos de eventos como indicadores de las funciones del SI.	149
Cuadro 10. Variedades de cebada maltera desarrolladas en México.....	155
Cuadro 11. Características generales de los sistemas de innovación en los casos estudiados.	188
Cuadro 12. Impulsores de los sistemas de innovación estudiados.....	190
Cuadro 13. Evaluación de las funciones del sistema de innovación en los casos estudiados.	191

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de tesis.	9
Figura 2. Relación potencial entre los sistemas de innovación nacionales (SNI), sectoriales (SIS) y tecnológicos (STI).	31
Figura 3. Histograma elaborado con la herramienta Histcite utilizando datos de Web of Science en el periodo de 1990-2017.	36
Figura 4. Marco conceptual para el análisis de un SIA.	67
Figura 5. Evolución de la producción de girasol e hitos históricos en México, 1965-2018.	73
Figura 6. Requerimientos de aceite de girasol en México.	76
Figura 7. Evolución de las publicaciones referentes a la investigación en el cultivo de girasol.	79
Figura 8. Funciones del sistema de innovación girasol alto oleico.	84
Figura 9. Configuración del sistema de innovación girasol, 2018.	90
Figura 10. Desarrollo histórico del cultivo de piña en el mundo.	110
Figura 11. Red global comercial (2016) de a) piña en conserva y, b) piña fresca.	111
Figura 12. Ventas globales netas de la empresa Del Monte por tipo de producto.	117
Figura 13. Desarrollo histórico del cultivo de piña en México.	120
Figura 14. Dinámica de las funciones del sistema de innovación piña MD-2.	129
Figura 15. Distribución de la superficie sembrada de cebada en México según las hectáreas cultivadas.	144

Figura 16. Desarrollo tecnológico en el cultivo de cebada maltera.	150
Figura 17. Producción de cerveza en México (1961 a 2013).	152
Figura 18. Dinámica de la producción de cebada en México, 1961-2018.	156
Figura 19. Consumo nacional aparente de cebada (1961-2017).	160
Figura 20. Dinámica de las funciones del sistema de innovación.	171

ABREVIATURAS USADAS

BANAGRICOLA	Banco Nacional de Crédito Agrícola
BANJIDAL	Banco Nacional de Crédito Ejidal
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
COFECE	Comisión Federal de Competencia Económica
COLPOS	Colegio de Postgraduados
CONASIPRO	Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas
CONASUPO	Compañía Nacional de Subsistencias Populares
CV	Cadena de valor
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAOSTAT	Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FIRA	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura
GATT	Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio
IASA	Impulsora Agrícola S.A de C.V.
ICAMEX	Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México
ICARDA	Centro Internacional de Investigación Agrícola en las Zonas Secas
INAES	Instituto Nacional de la Economía Social
INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
ITSEM	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
MasAgro	Programa de Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional
PINDECO	Pineapple Development Company
PRI	Pineapple Research Institute
PRONASE	Productora Nacional de Semillas
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

SAG	Secretaría de Agricultura y Ganadería
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SECAMPO	Secretaría del Campo
SEDAGRO	Secretaría de Desarrollo Agropecuario
SI	Sistema de innovación
SIS	Sistema de innovación sectorial
SIT	Sistema de innovación tecnológico
SIN	Sistema Nacional de innovación
SIA	Sistema de innovación agrícola
SIACON	Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SIAVI	Sistema de Información Arancelaria Vía Internet
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
UAAAN	Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
UACH	Universidad Autónoma Chapingo
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

DEDICATORIAS

A mis padres, Reina Ávila Jiménez y Aurelio Torres Aparicio, por su comprensión, cariño y apoyo incondicional.

A mi hermana, Dora Torres Ávila, por ser mi ejemplo de fortaleza y alegría.

A mi hermano, Osiel Torres Ávila, por estar presente.

A Mauricio Cruz Alonso, por ser parte de mi vida y apoyarme en todo momento.

Al Sr. Enrique Ortega, su llegada a nuestras vidas no fue una casualidad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi fortaleza y mi guía cada día.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento brindado para realizar mis estudios de doctorado.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) por su contribución a mi formación académica.

Al Dr. Jorge Aguilar Ávila por su dirección y asesoría en este trabajo de investigación.

Al Dr. Horacio Santoyo Cortés y al Dr. Enrique Genaro Martínez González por el tiempo dedicado y su asesoría.

Al Dr. José Luis Solleiro Rebolledo por su gran disposición en la revisión de este trabajo y sus contribuciones al mismo.

A todas aquellas personas a las que tuve oportunidad de entrevistar, quienes contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

A Mauricio Cruz Alonso por su apoyo incondicional en cada etapa de este trabajo.

A Raque, Zady, Arely, Lupita y José Luís por todas las conversaciones y los buenos momentos de amistad y compañerismo.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre:	Angelica Torres Avila
Fecha:	30 de septiembre de 1991
Lugar de nacimiento:	Metztitlán, Hidalgo
Profesión:	Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia

Desarrollo académico

Licenciatura:	Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo, generación 2009-2013.
Maestría:	Maestro en Ciencias en Estrategia Agroempresarial en la Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM, generación 2014-2016.

RESUMEN GENERAL

SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LA AGRICULTURA EN MÉXICO¹

Esta investigación analizó la dinámica de los sistemas de innovación que se configuran para apoyar los procesos agrícolas, utilizando un marco de análisis integral a través de los estudios de caso con el fin de identificar los puntos críticos para su funcionamiento. Para lograr este objetivo, se evaluaron las funciones del sistema de innovación en tres cadenas de valor mexicanas, que operan en contextos regionales, socioeconómicos y agroecológicos contrastantes: girasol, piña y cebada maltera. En los casos estudiados, la innovación se desencadenó por la emergencia de una oportunidad de mercado derivada de las demandas y nuevas necesidades de los consumidores finales. El análisis muestra que una vez iniciado un proceso de innovación, su desarrollo exitoso depende de un entorno propicio, que permite la generación de condiciones adicionales para la adaptación, escalado y sostenibilidad de la innovación, así como la autosuficiencia del sistema de innovación. Este entorno propicio se gestiona mediante el despliegue de las funciones del sistema, que deben interactuar de forma positiva y reforzarse entre sí. Las actividades emprendedoras y el desarrollo y difusión del conocimiento pueden considerarse actividades clave, capaces de estimular nuevas interacciones entre las demás funciones. Por tanto, contribuir al desarrollo de los sistemas agroalimentarios requiere un conocimiento claro de qué funciones se están llevando a cabo y así identificar oportunidades de mejora en los procesos de innovación.

Palabras clave: cadena de valor, mercado, cambio tecnológico, funciones del sistema de innovación.

¹ Tesis de Doctorado en Problemas Económico Agroindustriales, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Angelica Torres Avila
Director: Jorge Aguilar Ávila

GENERAL ABSTRACT

INNOVATION SYSTEMS IN AGRICULTURE IN MEXICO²

This research analysed the dynamic of the innovation systems that are configured to support agricultural processes by using a comprehensive analysis framework through case studies in order to identify critical points for their functioning. To achieve this objective, the functions of the innovation system were evaluated in three Mexican value chains, which operate in contrasting regional, socio-economic and agro-ecological contexts: sunflower, pineapple and malting barley. In the cases studied, innovation was triggered by the emergence of a market opportunity arising from demands and new needs among end consumers. The analysis shows that once an innovation process started, its successful development depends on a conducive environment, which allows the creation of additional conditions for the adaptation, scaling up and sustainability of the innovation, as well as the self-sufficiency of the innovation system. This conducive environment is managed through the deployment of the system functions, which should interact positively and reinforce each other. Entrepreneurial activities and the development and diffusion of knowledge can be considered as key activities, capable of stimulating new interactions among the other functions. Therefore, contributing to the development of agri-food systems requires a clear understanding of what functions are being carried out and thus identify improvement opportunities in innovation processes.

Keywords: value chain, market, technological change, functions of the innovation system.

² Doctoral Thesis in Agroindustrial Economic Problems, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Angelica Torres Avila
Advisor: Jorge Aguilar Ávila

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Planteamiento del problema y justificación

El sistema agroalimentario mundial se enfrenta a complejos desafíos. Primero, producir alimentos en cantidades suficientes que satisfagan las crecientes expectativas y demandas de los consumidores. Segundo, usar los recursos naturales (tierra, agua, biodiversidad) de forma sostenible, de modo que se contribuya a mitigar el cambio climático. Tercero, proporcionar medios de vida a los agricultores y demás agentes involucrados en la cadena alimentaria (OECD, 2019).

En este escenario, hay consenso sobre la importancia de la innovación como un medio crítico para hacer que la agricultura sea más competitiva, sostenible y equitativa (IICA, 2011, 2014), en un entorno que evoluciona rápidamente (Banco Mundial, 2008; Hall et al., 2005) y que a menudo es cada vez más intensivo en conocimientos (Hall et al., 2006). Por ello, la generación y promoción de las innovaciones se ha colocado como un componente importante de las estrategias de desarrollo agrícola para superar los desafíos del sistema agroalimentario.

Sin embargo, a pesar del creciente interés de los formuladores de política, los agentes financieros y la sociedad para utilizar a la innovación como un medio para la transformación de la agricultura y mejorar su competitividad, no siempre se ha tenido el éxito deseado (Gonsalves, 2001; Woltering et al., 2019). Parte de estos resultados derivan de la forma en la que se interpreta a la innovación, donde las actividades de investigación y mejora en los países en desarrollo se han orientado primordialmente a la transferencia de componentes tecnológicos (Maru, 2018).

Es necesario reconocer que la innovación objeto de desarrollo es variada y no solo se reduce a un producto (bien o servicio), sino también incluye la puesta en práctica de procesos o funciones que difieren significativamente de los anteriores. Estas innovaciones de proceso se incluyen en seis grandes rubros, tales como: producción de bienes y servicios, distribución y logística, marketing, ventas y servicios post-venta, tecnologías de la innovación, administración y gerenciamiento, desarrollo de productos y procesos de negocios (OECD/Eurostat, 2018).

En consecuencia, un punto de partida sobre cómo inducir la innovación e influir en su velocidad y dirección es comprender cómo se producen las innovaciones en la realidad de una nueva agricultura y así encontrar las condiciones previas para su éxito o fracaso. Esto implica abordar a la innovación como un proceso³ acumulativo y complejo, y no solo como un resultado final de productos y funciones o procesos mejorados. De este modo, para entender los procesos de innovación como fenómenos complejos, contruidos socialmente y contextualizados por su desarrollo histórico, es necesario elegir enfoques teóricos que permitan capturar la dinámica de los procesos de innovación y la heterogeneidad que los caracteriza (Brieva, 2006).

A lo largo del tiempo la discusión con respecto al papel de las innovaciones y su desarrollo en la agricultura ha dado lugar a diferentes perspectivas. Los modelos lineales de innovación fueron durante mucho tiempo el enfoque predominante en la agricultura y otros sectores. Estos enfoques han tendido a concebir a la innovación como un proceso lineal, donde conocimientos y tecnologías fluyen desde su concepción hasta los agricultores (Banco Mundial, 2008; Roling, 2009). No obstante, este paradigma adoptado con éxito durante la revolución verde ha perdido utilidad para explicar la innovación (Hall et al.,

³ Cabe señalar que la interpretación de la innovación como proceso es diferente a su clasificación: innovación de proceso e innovación de producto. En el Manual Oslo para evitar confusiones cuando se refieren al proceso utilizan el término actividades de innovación e incluyen todas las actividades de desarrollo, financieras y comerciales emprendidas que están destinados a resultar en una innovación.

2005) y orientar a la formulación de políticas en un contexto muy dinámico, heterogéneo y de complejidad creciente (Hall et al., 2006).

Los estudios recientes sobre innovación agrícola señalan que ésta no sólo se trata de difundir y adoptar nuevas tecnologías en un contexto particular (Amankwah et al., 2012). Los procesos de innovación requieren estar acompañados de cambios sociales, organizativos, institucionales, económicos y técnicos, desplegados dentro de una red compleja y dinámica de actores heterogéneos (Hall et al., 2006; Hounkonnou et al., 2012).

Este escenario apunta la necesidad de adoptar enfoques alternativos más innovadores y menos lineales para aprovechar las nuevas oportunidades y hacer frente a las limitaciones (Spielman et al., 2009), esto a través de la identificación de puntos de intervención apropiados que fortalezcan la capacidad de innovación del sector agroalimentario (Brooks & Loevinsohn, 2011). De este modo, en contraste con el enfoque lineal han surgido alternativas para abordar a la innovación desde una visión sistémica, integral y participativa. Cada uno de estos enfoques enfatiza en diferentes aspectos y diversas partes interesadas (Klerkx et al., 2012).

Un enfoque recientemente acogido, es el denominado Sistema de Innovación (Hall et al., 2001, 2003; Spielman et al., 2009). Este concepto surgió en la década de 1980 a partir de estudios empíricos en economías de países desarrollados (Freeman, 2003; Freeman, 1995). Si bien su desarrollo se originó en sectores industriales, Biggs y Clay (1981) y Biggs (1990) ofrecen una incursión temprana sobre este enfoque en la literatura de la innovación agrícola cuando exponen su modelo de múltiples fuentes de innovación. En este modelo se asume que las innovaciones pueden surgir de cualquier cantidad de ámbitos, no solo de los centros de investigación (Biggs, 1990; Biggs & Clay, 1981).

En un sentido amplio, un sistema de innovación agrícola (SIA) se refiere al conjunto de actores y prácticas que constituyen, llevan a cabo y participan en los procesos de innovación (generación, difusión, adaptación y utilización de

nuevos conocimientos), sus interacciones, así como las instituciones y políticas que afectan su comportamiento y desempeño, ya sea en el ámbito nacional o sectorial (Anandajayasekeram & Gebremedhin, 2009; Banco Mundial, 2008; Spielman et al., 2009).

Este enfoque conceptualiza a la innovación en términos sistémicos, interactivos, institucionales y co-evolutivos. De este modo, la innovación va más allá de los ámbitos tradicionales de la investigación, es la aplicación de conocimiento de todo tipo para alcanzar resultados sociales y económicos deseados en un contexto particular (Hall et al., 2006). Por tanto, la investigación es vista sólo como una fuente más de conocimiento para la innovación dentro de un sistema complejo, interactivo y basado en el aprendizaje (Sumberg, 2005).

Los procesos de adquisición de conocimiento y aprendizaje que surgen durante la innovación son interactivos e involucran la participación de diversos actores quienes procesan diferentes tipos de conocimiento, y donde la dinámica institucional desempeña un papel central, pues determina en buena parte la propensión de los actores a innovar (Hall et al., 2006). Por tanto, la falta de comprensión del entorno institucional limita la efectividad de las innovaciones (Amankwah et al., 2012; Clark, 2002; Hounkonnou et al., 2012).

En suma, la contribución del sistema de innovación en el sector agroalimentario es que proporciona un marco analítico amplio con el que es posible comprender los procesos de innovación (Hall, 2006; Hekkert et al., 2007; Hekkert & Negro, 2009), pues se reconoce y valora la diversidad de actores que participan en la generación, el intercambio y el uso del conocimiento, así como los factores institucionales que rigen su participación, sus roles y sus interacciones (Hall, 2006; Spielman et al., 2008, 2010).

El estudio de los SIA tradicionalmente ha estado orientado a los componentes estructurales, centrándose en analizar los actores, sus relaciones y el entorno institucional de un sistema particular delimitado por una tecnología o conjunto de tecnologías, por un eslabón particular de la cadena de valor, por un

subsector o por el sector agroalimentario completo de una nación (Banco Mundial, 2008; Hall et al., 2003; Ortiz et al., 2013).

Aun cuando las contribuciones de estos estudios son importantes y agregan información valiosa, para los responsables de política es difícil aprender de la estructura de otros sistemas de innovación y luego querer trasladar estos elementos, pues cada sistema se desarrolla en un ambiente específico (Wieczorek & Hekkert, 2012). Además, el enfoque estructural enfatiza poco en la naturaleza dinámica de la innovación y se centra en la estructura del sistema (Hekkert et al., 2007). Por tanto, para comprender el desarrollo de una innovación se necesita más que un enfoque a corto plazo, pues muy a menudo puede tardar más de una década en surgir (Triomphe et al., 2012), dependiendo de la complejidad de la innovación y el sector donde se inserte.

Las ideas recientes sobre los estudios de innovación sugieren que las posibilidades de éxito de las innovaciones están, en buena medida, determinadas por cómo se construye el sistema de innovación, cómo coexiste o evoluciona con el sistema de innovación establecido, y cómo funciona. Para determinar si un sistema funciona bien o no, se deben identificar factores que influyan en la función general del sistema de innovación, que es desarrollar y difundir innovaciones (Hekkert & Negro, 2009). Así, con la finalidad de analizar el aspecto dinámico del sistema de innovación, varios autores han propuesto siete funciones: actividades empresariales, desarrollo y difusión de conocimiento, la orientación a búsqueda, la formación de mercado, la movilización de recursos y la creación de legitimidad (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007; Hekkert & Negro, 2009). Estas funciones se han identificado como los procesos más importantes que influyen en el desarrollo, difusión y utilización de las innovaciones, pues apoyan la formación, crecimiento y sostenibilidad del sistema⁴.

⁴ Si bien las actividades desarrolladas dentro del sistema se denominan funciones, es necesario precisar que en un sentido estricto más que funciones son atributos del sistema, pues son

El marco de las funciones del sistema se ha aplicado principalmente en el análisis de tecnologías sostenibles. En el caso del sector agroalimentario se ha utilizado recientemente (Kebebe, 2019; Kebebe et al., 2015; Lamprinopoulou et al., 2014), de modo que la construcción y el funcionamiento de los sistemas de innovación en el sector agrícola en países en desarrollo sigue siendo poco investigado.

Dado el papel que tiene el sistema de innovación para comprender cómo se da la innovación y la escasa información que se tiene al respecto, parece pertinente generar conocimientos relevantes acerca de su funcionamiento. De este modo, la investigación propuesta contribuye a responder a la cuestión de cómo y de qué forma se desarrollan los procesos de innovación en la agricultura. Esto puede proporcionar elementos para guiar acciones de política pública al identificar problemas que bloquean el funcionamiento adecuado de un SIA o bien al capturar aprendizajes sobre su buen funcionamiento.

Por ello el objetivo que se planteó en esta investigación fue analizar la dinámica de los sistemas de innovación que se configuran para apoyar los procesos de innovación en la agricultura, esto a través de un marco de análisis integral aplicado a estudios de caso con la finalidad de identificar puntos críticos para su funcionamiento. A este respecto, se parte de la premisa que el funcionamiento adecuado del sistema de innovación depende de las actividades clave que se desarrollan, donde estas interactúan y generan círculos virtuosos o viciosos. A su vez estas actividades clave, llamadas también funciones, están influidas por el contexto, pues es este quien en buena parte define las oportunidades y necesidades de la innovación. El contexto incluye las condiciones de política, el comercio, el ambiente sociopolítico y la base de recursos productivos.

Para alcanzar el objetivo planteado, este documento se basa en la investigación empírica que involucra tres cadenas de valor (girasol, piña y cebada), las cuales operan en contextos regionales, socioeconómicos y agroecológicos

propiedades de los componentes del sistema y las relaciones entre ellos. Además, el sistema de innovación es una construcción teórica que no necesariamente existe en la realidad.

contrastantes. Los tres cultivos seleccionados se incluyeron en la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 como cultivos estratégicos en el sector agrícola mexicano junto con otros 35, los cuales en su conjunto contribuyen con alrededor de 75% del valor de la producción agrícola total. El girasol representa un sistema de innovación emergente con varios intentos de introducción y como una opción de reconversión productiva, actualmente su desarrollo se ha basado en los híbridos alto oleico. El caso de piña constituye un sistema más maduro con una larga trayectoria de desarrollo y con un historial de fuerte crecimiento y dinamismo en la última década como resultado de la introducción del híbrido MD-2. La cebada representa un sistema con una trayectoria paulatina, orientado a la transformación agroindustrial y cuyos cambios se basan en su interdependencia con la industria maltera y cervecera. Además de lo anterior, otra distinción entre los casos es el tipo de mercado al que se insertan. La piña es un producto integrado al mercado de forma dual, donde el de exportación demanda al híbrido MD-2, mientras que el doméstico demanda tanto al híbrido MD-2 como a la variedad Cayena Lisa. Por otro lado, la cebada y el girasol están insertos al mercado nacional en transformación industrial, destinados preponderantemente a un uso muy específico.

1.2 Objetivos particulares y preguntas de investigación

1.2.1 Objetivos particulares

- O1.** Evaluar la dinámica de innovación a través del análisis de las funciones del sistema de innovación para identificar factores que influyen en los procesos de innovación en los tres estudios de caso.
- O2.** Contrastar los resultados obtenidos en cada estudio de caso mediante un análisis comparativo para reconocer diferencias y semejanzas en los procesos de innovación.
- O3.** Proponer algunas recomendaciones y consideraciones en la gestión de procesos de innovación en el sector agroalimentario.

1.2.2 Preguntas de investigación

P1. ¿Qué procesos de innovación se identifican en cada caso de estudio? ¿En qué consistieron y bajo que formas se generaron estos procesos?

P2. ¿Qué características en común tienen los sistemas de innovación estudiados? ¿Qué diferencias los caracterizan y a qué se deben? ¿Qué factores han guiado el desarrollo de los procesos de innovación en cada uno de los cultivos y cómo han influido estos factores?

P3. ¿Cuáles son los aprendizajes más relevantes que resultan de los procesos de innovación estudiados? Con base en ello ¿Qué recomendaciones se derivan para gestionar la innovación?

1.3 Estructura de la tesis

Esta tesis se compone de seis capítulos y su esquema de integración se muestra en la Figura 1. En el Capítulo uno se presentan los antecedentes y el planteamiento del problema de investigación. En el Capítulo dos se proporcionan algunos elementos teóricos, conceptuales y metodológicos que guían la investigación. Particularmente se pone atención y se describen aquellos aspectos relacionados al análisis de la innovación como un proceso dinámico.

En los Capítulos tres, cuatro y cinco se presentan los resultados de la investigación correspondientes a los tres casos estudiados, los cuales se desarrollan a manera de artículos. En cada uno se expone el contexto en el cual se iniciaron las innovaciones y se reconstruye su proceso de desarrollo. En la narración se enfatiza principalmente en eventos clave que contribuyeron en el progreso o bien en el estancamiento de las innovaciones.

Finalmente, en el Capítulo seis se discuten los principales resultados obtenidos. La discusión incluye la reiteración de los hallazgos derivados en los tres capítulos anteriores y su pertinencia en el desarrollo de recomendaciones para

la gestión de la innovación en el sector agroalimentario. También contiene una reflexión general sobre las contribuciones teóricas y prácticas.

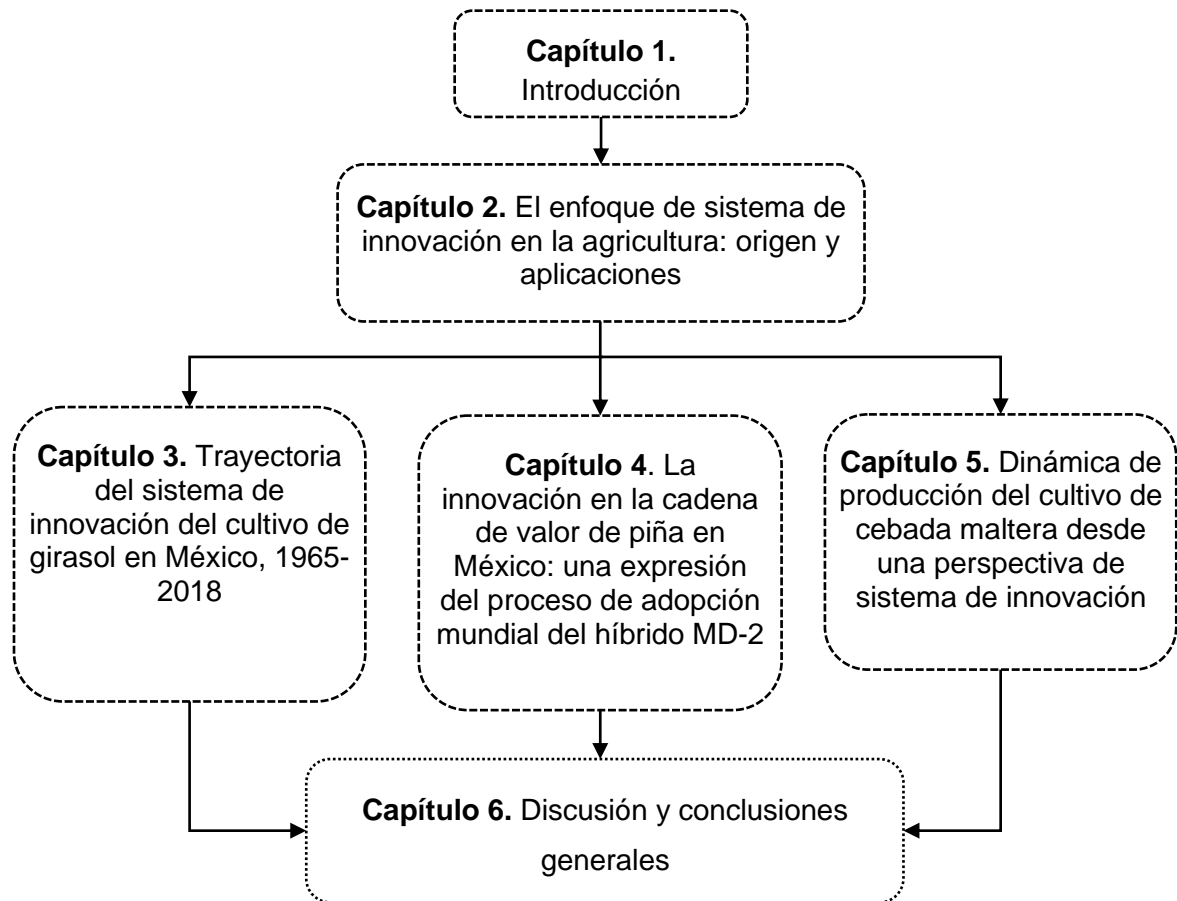


Figura 1. Esquema de tesis.

Fuente: elaboración propia.

1.4 Literatura citada

Amankwah, K., Klerkx, L., Oosting, S. J., Sakyi-Dawson, O., van der Zijpp, A. J., & Millar, D. (2012). Diagnosing constraints to market participation of small ruminant producers in northern Ghana: An innovation systems analysis. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 60–63, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2012.06.002>

Anandajayasekeram, P., & Gebremedhin, B. (2009). *Integrating innovation systems perspective and value chain analysis in agricultural research for development: Implications and challenges* (No. 16).

- Banco Mundial. (2008). *Incentivar la innovación agrícola: Cómo ir más allá del fortalecimiento de los sistemas de investigación*. Mayol Ediciones.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37, 407–429. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>
- Biggs, S. D. (1990). A multiple source of innovation model of agricultural research and technology promotion. *World Development*, 18(11), 1481–1499. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(90\)90038-Y](https://doi.org/10.1016/0305-750X(90)90038-Y)
- Biggs, S. D., & Clay, E. J. (1981). Sources of innovation in agricultural technology. *World Development*, 9(4), 321–336. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(81\)90080-2](https://doi.org/10.1016/0305-750X(81)90080-2)
- Brieva, S. S. (2006). *Dinámica socio técnica de la producción agrícola en países periféricos: configuración y reconfiguración tecnológica en la producción de semillas de trigo y soja en Argentina, desde 1970 a la actualidad*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Brooks, S., & Loevinsohn, M. (2011). Shaping agricultural innovation systems responsive to food insecurity and climate change. *Natural Resources Forum*, 35, 185–200.
- Clark, N. (2002). Innovation Systems, Institutional Change And The New Knowledge Market: Implications For Third World Agricultural Development. *Economics of Innovation and New Technology*, 11(December), 353–368. <https://doi.org/10.1080/10438590200000004>
- Freeman, C. (2003). *Technological infrastructure and international competitiveness*. <https://doi.org/10.1093/icc/dth022>
- Freeman, Chris. (1995). The “National System of Innovation” in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5–24.
- Garcés, R., Martínez-Force, E., Salas, J. J., & Venegas-Calerón, M. (2009). Current advances in sunflower oil and its applications. *Lipid Technology*, 21(4), 79–82. <https://doi.org/10.1002/lite.200900016>
- Gonsalves, J. F. (2001). Going to scale: What we have garnered from recent workshops. *LEISA*, 17(3), 6–10.
- Gupta, M. K. (2014). Sunflower oil: History, applications and trends. *Lipid Technology*, 26(11–12), 260–263. <https://doi.org/10.1002/lite.201400068>
- Hall, Andrew, Bockett, G., Taylor, S., Sivamohan, M. V. K., & Clark, N. (2001). Why Research Partnership Really Matter: Innovation Theory, Institutional Arrangements and Implications for Developing New Technology for the Poor. *World Development*, 29(5), 783–797. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00004-3)
- Hall, Andrew, Sulaiman, V. . R., Clark, N., & Yoganand, B. (2003). From measuring impact to learning institutional lessons: an innovation systems

- perspective on improving the management of international agricultural research. *Agricultural Systems*, 78, 213–241. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00127-6](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00127-6)
- Hall, Andy. (2006). *Public private sector partnerships in an agricultural system of innovation: concepts and challenges*.
- Hall, Andy, Mytelka, L., & Oyeyinka, B. (2005). *Innovation systems: Implications for agricultural policy and practice* (pp. 1–4).
- Hall, Andy, Mytelka, L., & Oyeyinka, B. (2006). *Concepts and guidelines for diagnostic assessments of agricultural innovation capacity*.
- Hekkert, M.P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Hekkert, Marko P., & Negro, S. O. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting & Social Change*, 76, 584–594. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.04.013>
- Hounkonnou, D., Kossou, D., Kuyper, T. W., Leeuwis, C., Nederlof, E. S., Röling, N., Sakyi-Dawson, O., Traoré, M., & van Huis, A. (2012). An innovation systems approach to institutional change: Smallholder development in West Africa. *Agricultural Systems*, 108, 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.01.007>
- IICA. (2011). *La innovación para el logro de una agricultura competitiva, sustentable e inclusiva* (Vol. 574, Issue 11).
- IICA. (2014). *La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible*.
- Kebebe, E. (2019). Bridging technology adoption gaps in livestock sector in Ethiopia: A innovation system perspective. *Technology in Society*, 57, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.12.002>
- Kebebe, E., Duncan, A. J., Klerkx, L., de Boer, I. J. M., & Oosting, S. J. (2015). Understanding socio-economic and policy constraints to dairy development in Ethiopia: A coupled functional-structural innovation systems analysis. *Agricultural Systems*, 141, 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.09.007>
- Kleingartner, L. W. (2002). NuSun sunflower oil: Redirection of an industry. In J. Janick & A. Whipkey (Eds.), *Trends in new crops and new uses* (pp. 135–138). ASHS Press.
- Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: Concepts, analysis and interventions. In I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Eds.), *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic* (Issue January, pp. 431–455).

Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2>

- Lamprinopoulou, C., Renwick, A., Klerkx, L., Hermans, F., & Roep, D. (2014). Application of an integrated systemic framework for analysing agricultural innovation systems and informing innovation policies: Comparing the Dutch and Scottish agrifood sectors. *Agricultural Systems*, 129, 40–54. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2014.05.001>
- Maru, Y. T. (2018). Summary: Critical reflection on and learning from Agricultural Innovation Systems (AIS) approaches and emerging Agricultural Research for Development (AR4D) practice. *Agricultural Systems*, 165, 354–356. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.07.012>
- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation* (4th ed.). OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- OECD. (2019). *Policy priorities for the global food system*.
- Ortiz, O., Orrego, R., Pradel, W., Gildemacher, P., Castillo, R., Otiniano, R., Gabriel, J., Vallejo, J., Torres, O., Woldegiorgis, G., Damene, B., Kakuhenzire, R., Kasahija, I., & Kahiu, I. (2013). Insights into potato innovation systems in Bolivia, Ethiopia, Peru and Uganda. *Agricultural Systems*, 114, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2012.08.007>
- Roling, N. (2009). Pathways for impact: scientists' different perspectives on agricultural innovation. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(2), 83–94. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0043>
- Spielman, D. J., Davis, K., Negash, M., & Ayele, G. (2010). Rural innovation systems and networks: findings from a study of Ethiopian smallholders. *Agriculture and Human Values*, 28(2), 195–212. <https://doi.org/10.1007/s10460-010-9273-y>
- Spielman, D. J., Ekboir, J., & Davis, K. (2009). The art and science of innovation systems inquiry: Applications to Sub-Saharan African agriculture. *Technology in Society*, 31(4), 399–405. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2009.10.004>
- Spielman, D. J., Ekboir, J., Davis, K., & Ochieng, C. M. O. (2008). An innovation systems perspective on strengthening agricultural education and training in sub-Saharan Africa. *Agricultural Systems*, 98, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2008.03.004>
- Sumberg, J. (2005). Systems of innovation theory and the changing architecture of agricultural research in Africa. *Food Policy*, 30, 21–41. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2004.11.001>
- Triomphe, B., Floquet, A., Kamau, G., Letty, B., Davo Vodouhe, S., N'gan'ga, T., & Hocdé, H. (2012). What does an inventory of recent innovation experiences tell us about agricultural innovation in Africa? *10th European IFSA Symposium*, 10.

- Wieczorek, A. J., & Hekkert, M. P. (2012). Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39, 74–87. <https://doi.org/10.1093/scipol/scr008>
- Woltering, L., Fehlenberg, K., Gerard, B., Ubels, J., & Cooley, L. (2019). Scaling – from “reaching many” to sustainable systems change at scale: A critical shift in mindset. *Agricultural Systems*, 176, 102652. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102652>

CAPÍTULO 2 EL ENFOQUE DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN EN LA AGRICULTURA: ORIGEN Y APLICACIONES

En este capítulo se proporcionan los principales elementos teóricos y conceptuales utilizados a lo largo de este trabajo. Primero se introduce el concepto de innovación. Segundo, se enfatiza en el enfoque de sistema de innovación, comenzando a introducir sus orígenes dentro de la teoría evolucionista. Tercero, se ubica el uso y la pertinencia de este enfoque en el sector agroalimentario. Cuarto, se hace énfasis en la importancia del análisis funcional de los sistemas para la comprensión de los procesos de innovación. Quinto, se introduce el concepto del escalado de la innovación como un objetivo clave de los sistemas, así como la importancia de los intermediarios. Por último, se aborda el concepto de cadena de valor y se enfatiza su complementariedad con el sistema de innovación.

2.1 Tipos de innovación y las dimensiones que atienden

Existen numerosas definiciones del concepto innovación, lo cual muestra su complejidad y naturaleza polifacética. Estas definiciones pueden incluirse en tres grandes rubros: cambio, proceso y resultado. Enseguida se colocan algunas definiciones como punto de partida:

“La innovación es un cambio en los procesos mediante los cuales una organización transforma el trabajo, el capital, los materiales y la información en productos y servicios de mayor valor” (Christensen et al., 2019, p. 29).

“La innovación es el proceso de realizar cambios, grandes y pequeños, radicales e incrementales, en productos, procesos y servicios que resultan en la introducción de algo nuevo para la organización que agrega valor a los clientes y contribuye a la acumulación de conocimiento de la organización” (O’Sullivan & Dooley, 2009, p. 5).

“Una innovación es un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de los mismos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la unidad y que ha sido puesta a disposición de los usuarios potenciales (producto) o puesto en uso por la unidad (proceso)” (OECD/Eurostat, 2018, p. 20).

“La innovación es la combinación exitosa de hardware, software y orgware, visto desde un punto de vista social y económico. El hardware se refiere al equipo material necesario, y el software se refiere al conocimiento en términos de manuales, software, contenido digital, conocimiento tácito involucrado en la innovación. El orgware se refiere a las condiciones organizativas e institucionales que influyen en el desarrollo de una invención hasta convertirse en una innovación y en el funcionamiento real de la misma.” (Smits, 2002, p. 865).

El término innovación generalmente se ha asociado a un producto. Sin embargo, la innovación también puede darse en procesos que generan productos, servicios que brindan productos y servicios que brindan productos intangibles (O’Sullivan & Dooley, 2009). De esta manera, atendiendo al objeto de desarrollo, es decir, la forma en que una innovación se expresa o se aplica, el Manual Oslo (OECD/Eurostat, 2018) clasifica a la innovación en dos tipos: i) innovación de producto: bien o servicio nuevo o mejorado que difiere significativamente de los bienes o servicios anteriores de la empresa y que se ha introducido en el mercado; y ii) innovación de proceso: es un proceso comercial nuevo o mejorado para una o más funciones comerciales que difiere significativamente de los procesos comerciales anteriores de la empresa y que se ha puesto en uso en la empresa; estas innovaciones a su vez se dividen en seis tipos (Cuadro 1). Es importante recalcar que una sola innovación puede involucrar combinaciones de diferentes tipos de productos y procesos. Por tanto, esta clasificación por objeto no es mutuamente excluyente (OECD/Eurostat, 2018).

Cuadro 1. Categorías funcionales para identificar innovaciones de proceso.

Concepto	Descripción
Producción de bienes y servicios	Actividades que transforman insumos en bienes o servicios, incluidas las actividades de ingeniería y pruebas técnicas relacionadas, análisis y certificación para respaldar la producción.
Distribución y logística	En esta función se incluye: i) transporte y prestación de servicios; ii) almacenamiento; y iii) procesamiento de pedidos.
Marketing y ventas	Esta función incluye: i) métodos de marketing que incluyen publicidad (promoción y colocación de productos, empaque de productos), marketing directo (telemarketing), exposiciones y ferias, investigación de mercado y otras actividades para desarrollar nuevos mercados; ii) estrategias y métodos de precios; y iii) actividades de ventas y posventa, incluidas las mesas de ayuda, otras actividades de atención al cliente y relaciones con el cliente.
Sistemas información y comunicación	El mantenimiento y suministro de sistemas de información y comunicación, incluidos: i) hardware y software, ii) procesamiento de datos y base de datos, iii) mantenimiento y reparación, y iv) alojamiento web y otras actividades de información relacionadas con la informática.
Administración y gerencia	Esta función incluye: i) gestión empresarial estratégica y general (toma de decisiones multifuncional), que incluye organizar responsabilidades laborales; ii) gobierno corporativo (legal, planificación y relaciones públicas); iii) contabilidad, teneduría de libros, auditoría, pagos y otras actividades financieras o de seguros; iv) gestión de recursos humanos (formación y educación, contratación de personal, lugar de trabajo, organización, provisión de personal temporal, gestión de nóminas, asistencia sanitaria y médica); v) adquisiciones; y vi) gestionar las relaciones externas con proveedores, alianzas, etc.
Desarrollo de productos y procesos de negocio	Actividades para determinar el alcance, identificar, desarrollar o adaptar productos o procesos comerciales de una empresa

Fuente: OECD/Eurostat (2018).

Basada en el nivel de cambio o grado de novedad, la innovación puede dividirse en incremental o radical. La innovación incremental se refiere a realizar mejoras en los productos o servicios ya existentes. Mientras que la innovación radical es hacer algo diferente, lo que incluye cambios significativos con relación a los productos o servicios ofrecidos.

Una clasificación asociada al papel que desempeña la innovación en la promoción del crecimiento económico sustentable y la creación de empleos es la propuesta por Christensen et al. (2019), la cual incluye tres tipos de innovación: i) innovación de sustentación, se refiere a mejoras a soluciones que existen en el mercado y suele dirigirse a clientes que exigen un mejor desempeño de un producto o servicio; su naturaleza no es sustitutiva y son importantes para seguir compitiendo y mantener cautivos a sus clientes; ii) innovación de eficiencia, incluye a las innovaciones que permiten hacer más con menos, son esenciales para mejorar la rentabilidad y retener clientes; y iii) innovación creadora de mercado o disruptiva, dirigidas a personas para las que no existían productos o para quienes los productos disponibles no eran costeables ni accesibles. Este mercado de no consumidores es ignorado debido a su insignificante participación y margen de beneficio, sin embargo, las innovaciones creadoras de mercado hacen que los productos sean más simples y asequibles.

2.2 Teoría evolucionista de la innovación y el cambio tecnológico

El cambio tecnológico y la innovación han tenido una importancia creciente como un factor explicativo del crecimiento económico (Corona, 1999), esto más allá de la presencia o no de una teoría que los estudiara (ONU-CEPAL, 1989). De hecho, durante largas décadas la economía política no estuvo integrada a una teoría explícita acerca del cambio tecnológico y la innovación. Sin embargo, este factor explicativo ha adquirido una mayor relevancia en las últimas décadas, resultado de la creación de nuevas actividades, la capacidad de organización productiva local y las instituciones (Katz, 2006).

Dada la evidente importancia que tienen el cambio tecnológico y la innovación en el crecimiento económico, a lo largo de las décadas se ha tratado de comprender su papel y poco a poco se han generado estudios al respecto. Sin embargo, su análisis es uno de los temas más difíciles de tratar por la teoría económica tradicional (Turriago, 2014). La economía neoclásica optó por respuestas sencillas y precisas, descuidando los factores que causan tanto el crecimiento desigual y, en gran medida, el crecimiento mismo (Reinert & Riiser, 1994).

El estudio del cambio tecnológico y la innovación en la teoría económica neoclásica, históricamente se ha relacionado estrechamente con la función de producción, donde se ha ubicado como un factor adicional al capital y al trabajo (Reinert & Riiser, 1994; Turriago, 2014). Inicialmente la función de producción estaba integrada por el capital y el trabajo, no obstante, como parte del debate del “residual o componente no explicado”, a finales de la década de 1950 Moses Abramowitz y Robert Solow señalaron que para explicar el crecimiento económico era necesario incluir un nuevo y tercer factor en la función de producción tradicional neoclásica: la tecnología (Corona, 1999; Reinert & Riiser, 1994).

En general, el uso de la función de producción ha facilitado el análisis para explicar el crecimiento económico, pero también implica la aceptación de muchos supuestos (Turriago, 2014). En consecuencia, a pesar de la modificación de la función de producción agregando a la tecnología, esta variable fue tratada como un factor de naturaleza exógena al sistema económico, donde su proceso de producción es resultado de las actividades realizadas por las instituciones de investigación (Heijs & Buesa, 2016; ONU-CEPAL, 1989).

Otra característica que ha tenido la tecnología y la innovación es que se han tratado como información codificada, lo que los sitúa como un bien público. Esto implica que la información que se requiere para su desarrollo es de tipo codificada lo que facilita su transferencia en forma directa y barata, además de

suponer su disponibilidad en el mercado (Heijs & Buesa, 2016; Sastre, 2014). Al respecto, Arrow (1962) indica que, a diferencia de la mano de obra y los bienes, la información tiene dos características especiales: i) una vez producida, es difícil protegerla de los demás; y ii) por lo general no hay ningún costo asociado con compartir información con otros (Reinert & Riiser, 1994).

Derivado de considerar al conocimiento como un bien público la implicación principal es que la inversión de recursos sería menor en la producción de este, pues se difundiría rápidamente y su imitación sería casi a costo cero. Por tanto, la solución ortodoxa es el establecimiento de un sistema de propiedad intelectual para su protección, de modo que se corrija el fallo de mercado (Heijs & Buesa, 2016; Sastre, 2014).

Hasta ahora, las ideas señaladas muestran que las causas del fenómeno tecnológico no tienen que explicarse, pues este simplemente ocurre y su despliegue impide el estancamiento (ONU-CEPAL, 1989). Esta concepción no es la más pertinente pues no considera la posibilidad de que se generen procesos de asimilación, adaptación y aprendizaje de la tecnología transferida (Jasso, 2004). Por tanto, dada la complejidad inherente a la tecnología y a la innovación, estos deben tratarse como fenómenos endógenos al sistema productivo (Jasso, 2004).

Arrow (1962) fue quien indicó por primera vez que el cambio tecnológico tenía que concebirse como un fenómeno endógeno al sistema económico (Jasso, 2004; ONU-CEPAL, 1989). Adicional a estas ideas preliminares y en contraste con la teoría neoclásica, surge en la década de 1970 otra corriente analítica en la que se concibe al cambio tecnológico y a la innovación como fenómenos de naturaleza endógena: la teoría evolucionista (Nelson & Winter, 1982).

Los aportes de Joseph Alois Schumpeter establecen el primer antecedente de la teoría evolucionista de la innovación y el cambio tecnológico. Durante la década de 1930 Schumpeter realizó importantes contribuciones que contrastan con parte de los supuestos de la tradición clásica y neoclásica. Si bien estas

contribuciones se dieron en las primeras décadas del siglo XIX no fue hasta treinta años después de la muerte de Schumpeter que se retomaron con la publicación “*An evolutionary theory of economic change*” escrita por Nelson y Winter en 1982, permitiendo el desarrollo de enfoques teóricos en el marco de la denominada teoría evolucionista. Estos autores retomaron las ideas de Schumpeter y contribuyeron al desarrollo de nuevas dimensiones analíticas (Yoguel et al., 2013).

Cuadro 2. Comparación entre la teoría económica evolutiva y la neo-clásica.

Teoría neo-clásica	Teoría evolutiva
Uso de metáforas físicas	Uso de metáforas biológicas
El equilibrio como concepto central	Énfasis en los factores que causan el desequilibrio
Estática comparativa	Dinámica
Asume que la información es perfecta	El sistema opera bajo incertidumbre
El tiempo no es un tema	El tiempo es un factor importante (la historia importa)
El emprendimiento no tiene importancia	El emprendimiento es un factor central
Todas las actividades económicas son iguales	Las actividades económicas son diferentes porque hay 'focos' de innovación en cualquier punto del tiempo
Supuesto de un agente representativo	El agente representativo no existe
El mercado como establecedor de precios	El mercado también como mecanismo de selección entre las empresas
La tecnología como un bien público	La tecnología como factor importante en la creación y distribución de riqueza

Fuente: Reinert & Riiser (1994).

Dentro de la teoría evolucionista las innovaciones y el cambio tecnológico cumplen un papel determinante en el crecimiento económico de los países, pues transforman las estructuras de producción existentes (destrucción creativa). Esta visión contrasta con el modelo neoclásico en el que la característica central es el equilibrio estático de la oferta y la demanda (Reinert & Riiser, 1994). A modo de resumen en el Cuadro 2 se presenta una

comparación de las principales características entre la teoría económica evolucionista y la neoclásica.

La teoría evolucionista critica el concepto de tecnología tratada como información codificada (Corona, 1999; Sastre, 2014), pues muchas de las tecnologías corresponden a conocimientos tácitos difíciles de transferir y aun cuando se trate de conocimientos codificados estos tienen un límite técnico para copiarse o transferirse (Heijs & Buesa, 2016; Sastre, 2014). De este modo, debido a los elementos tácitos que la tecnología integra, su imitación y difusión entre las empresas constituye una tarea difícil y costosa, siendo necesario solventar costos de adquisición, costos de aprendizaje y costos de oportunidad por retraso en su adopción y adaptación (Heijs & Buesa, 2016).

Dado que la tecnología y la innovación son complejos, es comprensible que su integración y las decisiones que se toman en torno a ellas también lo sean, pues dependen de la capacidad innovadora de las empresas, lo cual a su vez está explicado por sus rutinas, estrategias, oportunidades tecnológicas, recursos, experiencias, habilidades y capacidades acumuladas (Sastre, 2014). Esto contrasta con el supuesto neoclásico en el que se asumen a los individuos o empresas como entes homogéneos, poseedores de información perfecta. Al contrario, los individuos y empresas son heterogéneos con racionalidad limitada, quienes participan en un entorno que se caracteriza por la incertidumbre, riesgos y por poseer capacidades innovadoras que difieren (Sastre, 2014; Suurs, 2009).

En este contexto, la economía evolucionista concibe a la innovación y al cambio tecnológico como producto de un proceso de retención, variación y selección. La variación se genera partir de los procesos de innovación que surgen dentro de una red de actores heterogéneos, y se refiere a cualquier desviación de la rutina o tradición. Las variaciones son el insumo de donde los procesos de selección eligen las más adecuadas, y pueden ser de dos tipos: intencionales y ciegas. Las variaciones intencionales ocurren cuando los actores impulsan la generación de alternativas y la búsqueda de soluciones a los problemas. Las

variaciones ciegas, por el contrario, ocurren independientemente de la planificación consiente, de modo que, son el resultado de accidentes, azar, suerte, conflictos o malversación. Las variaciones pasan por un proceso de depuración, lo cual genera el segundo proceso evolutivo: la selección (Aldrich & Ruef, 2006; Carlsson & Stankiewicz, 1991; Suurs, 2009).

La selección comprende la eliminación de ciertos tipos de variaciones, la cual se realiza a través de un entorno de selección y competencia, e incluye tanto al mercado como a un conjunto de factores ajenos al mercado, por ejemplo, el entorno institucional; además, requiere la interacción y comunicación entre actores. Los mecanismos selectivos se establecen mediante el funcionamiento de las fuerzas del mercado, las presiones competitivas, la lógica de la estructura organizativa interna, la conformidad con las normas institucionalizadas y otras fuerzas (Aldrich & Ruef, 2006; Carlsson & Stankiewicz, 1991; Suurs, 2009).

Por último, la retención se refiere al proceso por medio del cual las nuevas variedades seleccionadas se preservan, duplican o reproducen en otra organización o en otra ubicación, y se mantiene a través de la presencia e inercia de rutinas, así como de estructuras tecnológicas e institucionales (Aldrich & Ruef, 2006; Carlsson & Stankiewicz, 1991; Suurs, 2009).

Luego del anterior acercamiento respecto a la forma en que la teoría evolucionista interpreta a la innovación y el cambio tecnológico, se encuentra que estos elementos se han integrado en un enfoque alternativo denominado sistema de innovación. Este enfoque sostiene que el recurso fundamental de las economías es el conocimiento, y derivado de este se ubica al aprendizaje como el proceso más significativo. El aprendizaje es de naturaleza interactiva, dependiente del contexto institucional, político y cultural (Turriago, 2014).

2.2.1 Sistema de innovación

El enfoque del sistema de innovación se inscribe dentro del marco general de la teoría económica evolucionista. El concepto sistema de innovación apareció en

la literatura en la década de 1980 asociado al adjetivo nacional: Sistema Nacional de innovación (SNI). De acuerdo con Freeman (1995), la primera persona que usó la expresión “Sistema Nacional de Innovación” fue Bengt-Ake Lundvall (1992). Sin embargo, autores como Edquist (1997) señalan que fue Freeman (1987) quien utilizó esta expresión por primera vez. Sea cual sea el origen, ambos autores han incorporado varios elementos en el entendimiento de este concepto.

Una antecedente clave del SNI se remonta a Friedrich List (1841) con la expresión “Sistema Nacional de Economía Política” (Freeman, 1995; Lundvall et al., 2002). La preocupación de List se centraba en la generación de políticas favorables para que Alemania, en aquella época un país atrasado comparado con el Reino Unido acelerara su proceso de industrialización y crecimiento económico. En este sentido, List consideraba que además de la inversión en capital físico, la inversión para la acumulación de conocimiento también era esencial para el desarrollo de una nación. Sobre la base de estas ideas, Alemania desarrolló uno de los mejores sistemas de educación y formación técnica del mundo (Freeman, 1995).

El paradigma prevaleciente antes del SNI fue el modelo lineal, donde se asumía que la ciencia era la solución a los problemas presentes, de modo que los conocimientos y tecnologías fluían linealmente desde su concepción hasta los usuarios finales. Al comienzo de la década de 1980 se empezó a acumular evidencia en países industrializados, que mostraba la compleja interacción entre varios actores sociales en la configuración de una nueva tecnología (Velho, 2002).

El interés por entender las diferencias en el crecimiento de los países durante los años sesenta y setenta, explicados en un primer momento por la inversión en investigación y desarrollo (I+D), llevaron al surgimiento del SNI. Las evidencias apuntaban a que el crecimiento de los países no sólo era resultado del trabajo desarrollado por universidades, centros de investigación y las industrias, sino también de otras fuentes como, los ingenieros de producción,

proveedores de insumos y maquinaria, clientes, entre otros. Así, las diferencias institucionales en el modo de importar, mejorar, desarrollar y difundir nuevas tecnologías, productos y procesos se colocaron como elementos importantes en las tasas de crecimiento de los países. Las dificultades prácticas para incorporar estos factores y hacer comparaciones internacionales conllevó a establecer el concepto SNI (Freeman, 1995).

La construcción teórica de SNI contribuyó a delinear diferentes niveles de análisis con diferentes propósitos. De este modo, el concepto ha pasado del nivel nacional hacia regiones, sectores y tecnologías (Edquist, 1997).

Así, el concepto de sistema de innovación (SI) tiene su origen y aplicación inicial en países desarrollados en el sector industrial. Sin embargo, recientemente se ha aplicado en la agricultura, adoptado para explorar y comprender los procesos innovación, con fines de intervención, más allá de las inversiones en los sistemas de investigación.

2.2.2 La innovación y la pertinencia de utilizar un enfoque sistémico para su estudio

Al analizar los procesos de innovación exitosos en retrospectiva, es evidente que muchas ideas tienen su origen en diferentes fuentes y que el papel de la ciencia a menudo es limitado (Leeuwis et al., 2006). De hecho, es la asociación entre los diferentes actores y lo que pueden aportar lo que es importante para la innovación (Hall et al., 2001).

De este modo, no sólo las ideas sobre el origen de la innovación han cambiado, también las ideas sobre lo que se concibe como innovación han sufrido transformaciones. En el pasado, una innovación se consideraba únicamente como una tecnología o prácticas tecnológicas (Leeuwis et al., 2006) y, por tanto, una vía adecuada en la solución de un problema respondía a la transferencia de tecnologías o mejores prácticas.

Si bien la orientación tecnológica puede ser una vía de intervención apropiada, su aplicación se restringe a problemas u oportunidades sencillos de atender, donde las tecnologías o prácticas a integrar dependen poco del contexto (Maru, 2018). Estas innovaciones se conocen como innovaciones genéricas o regulares (Wesche et al., 2019). Por el contrario, en problemas complejos la tecnología por sí sola a menudo tiene una limitada adopción, debido a la presencia de restricciones institucionales, socio-organizativas y tecnológicas (Maru, 2018). Estas restricciones incluyen ejemplos como la ausencia o el mal funcionamiento de instituciones tal es el caso de políticas y mercados, capacidades y recursos financieros limitados, y colaboración ineficiente entre los actores. Este tipo de innovaciones más complejas se denominan configuracionales o transformativas y dependen en gran medida del contexto local, por lo que es necesario su adaptación (Wesche et al., 2019).

En esta lógica, la innovación no puede concebirse como unidimensional, solo haciendo alusión al componente técnico (Leeuwis et al., 2006; Triomphe et al., 2012). Por el contrario, la innovación debe verse como una colección de innovaciones parciales o paquete de innovaciones (Leeuwis et al., 2006) que resultan de la sinergia de varias dimensiones para apoyar al “desembalaje” de una innovación central en un contexto local específico (Low & Thiele, 2020; Triomphe et al., 2012).

Low & Thiele (2020) indican la presencia de cuatro dimensiones de la innovación: i) la dimensión técnica, la cual hace referencia al cómo el diseño de la innovación evoluciona con el tiempo para responder a la nueva información y a las diferentes necesidades de los usuarios finales; ii) la dimensión organizativa, se refiere al cómo cambian el tipo y el número de actores a medida que la innovación va escalando; iii) la dimensión entorno institucional, la cual corresponde a las políticas, estrategias o cambios que facilitan la adopción de la innovación; y. iv) la dimensión liderazgo, en la cual se reconoce que los defensores de las innovaciones juegan un papel clave en su desarrollo y adopción.

La manifestación de estas dimensiones y su coevolución contribuyen a generar condiciones que apoyan al nicho y, por tanto, permiten la maduración de la innovación y su sostenibilidad. Un nicho es un espacio protegido y creado por actores a nivel local que apoyan a las innovaciones emergentes, desafiando al régimen existente (Darnhofer, 2015; Geels, 2011). Estos espacios son muy importantes para la innovación, ya que proporcionan las semillas del cambio (Geels, 2005). En contraste con el nicho, un régimen se refiere al espacio que incluye tecnologías y prácticas sociales desarrolladas en el largo plazo que se distinguen por su estabilidad (Darnhofer, 2015; Geels, 2011). En un tercer nivel se ubica el paisaje, el cual se refiere a los aspectos del entorno exógeno más amplio, que afectan el desarrollo de las innovaciones, por ejemplo, la globalización, los problemas ambientales y los cambios culturales. Un paisaje no puede modificarse por influencia directa de los actores (Geels, 2005).

Dado que el proceso de reconfiguración que involucra a la innovación es muy complejo, no es de sorprenderse que la innovación se de en un marco de tiempo muy amplio (varios años, incluso décadas), donde se requiere la persistencia y el compromiso de las partes interesadas (Clarke et al., 2018; Low & Thiele, 2020; Triomphe et al., 2012). Las partes interesadas y activas varían dependiendo de las circunstancias específicas del caso y también de la fase de la innovación (Triomphe et al., 2012). En general, la importancia relativa de un actor varía a lo largo del proceso de innovación.

En resumen, se identifican tres características principales de la innovación como proceso: involucra múltiples actores, es multidimensional y requiere un plazo de tiempo largo. De este modo, la innovación se describe como un proceso complejo e interactivo, por lo que, el sistema de innovación se considera como pertinente en el análisis de los procesos de innovación.

2.2.3 Componentes del sistema de innovación

La estructura de cualquier sistema de innovación está integrada por elementos estructurales que interactúan. Estos elementos incluyen el conjunto de actores,

sus interacciones y las instituciones y políticas que constituyen un entorno propicio para la innovación (Rajalahti et al., 2008), así como la infraestructura física, de conocimiento y financiera (Wieczorek & Hekkert, 2012).

Actores: Involucra cualquier agente que contribuye con sus competencias, conocimientos y recursos a la innovación, por ejemplo: sociedad civil, empresas, instituciones de investigación, gobierno, organizaciones no gubernamentales, entre otros. De este modo, el desarrollo de un SI depende de la presencia, habilidades y disposición de los actores para actuar (Suurs, 2009).

Interacciones: Implica las relaciones entre actores, instituciones e infraestructura, pero también entre componentes estructurales (Suurs, 2009). Para describir estas interacciones se utiliza el concepto de red, lo cual sugiere una forma superior de organización, no obstante, las interacciones no se limitan dentro de redes. Por ejemplo, en las primeras etapas de desarrollo de un sistema no hay redes, pero si puede haber interacciones bilaterales entre los actores. Por tanto, las interacciones pueden analizarse a nivel de redes y a nivel de contactos individuales (Wieczorek & Hekkert, 2012).

Instituciones: Se distingue entre instituciones formales e instituciones informales. Las instituciones formales incluyen a las reglas codificadas y aplicadas por alguna autoridad; las instituciones informales son más tácitas y moldeadas por la interacción colectiva de los actores, además se dividen en dos: normativas y cognitivas. Las reglas normativas son normas y valores sociales con significado moral, mientras que las reglas cognitivas pueden considerarse marcos mentales colectivos o paradigmas sociales (Suurs, 2009).

Infraestructura: Se consideran tres categorías de infraestructura: física, financiera y de conocimiento. La infraestructura física abarca: artefactos, instrumentos, máquinas, carreteras, edificios, redes de telecomunicaciones, puentes y puertos. La infraestructura del conocimiento incluye: conocimiento, experiencia, *know-how* e información estratégica. La infraestructura financiera

incluye: subsidios, programas financieros, subvenciones y otros (Wieczorek & Hekkert, 2012).

Si bien el concepto de SI supone acciones colectivas y coordinadas que resultan de la dinámica de los componentes estructurales, esto no siempre ocurre. Es necesario tener presente que, un SI es una construcción analítica que no necesariamente sucede en la realidad. Por tanto, el sistema foco de análisis no tiene que existir en la realidad como un hecho completo, pues puede estar surgiendo con una interacción muy débil entre los componentes (Bergek et al., 2008), o bien podría estar más o menos articulado y solo requerir algunos cambios para apoyar a la innovación en cuestión.

2.2.4 Sistemas de innovación sectorial y tecnológico

Desde que el concepto de sistema de innovación surgió se han formulado y aplicado empíricamente diferentes variantes. El primer concepto desarrollado en la literatura fue el sistema nacional de innovación. Más tarde, se propusieron sistemas regionales de innovación, sistemas sectoriales de innovación y producción, así como sistemas tecnológicos. La característica distintiva de cada enfoque radica en la manera en que se establecen los límites del sistema, es decir, en la determinación de qué elementos contribuyen a la innovación y al cambio tecnológico (Coenen & Díaz López, 2010; Markard & Truffer, 2008).

Por su aplicación en el sector agroalimentario, destaca el sistema de innovación sectorial y el sistema de innovación tecnológico. Un sistema de innovación tecnológico (SIT) se define como: *“redes de agentes que interactúan en un área económica/industrial específica bajo una infraestructura institucional particular para generar, difundir y utilizar la tecnología”* (Carlsson & Stankiewicz, 1991, p. 94). Como ejemplos de estudio, se tiene las tecnologías de agricultura de precisión y la acuaponía, esta última incluye la combinación de dos tecnologías, acuicultura de recirculación (piscifactorías) e hidroponía (producción de cultivos sin suelo). En esta variante de sistema es donde inicialmente se ha desarrollado

y aplicado el pensamiento funcional para comprender la dinámica de un sistema (véase el apartado 2.3.2)

Por otro lado, el sistema de innovación sectorial (SIS) se define como: “*un conjunto de productos y el conjunto de agentes que llevan a cabo interacciones de mercado y no de mercado para la creación, producción y venta de dichos productos*” (Malerba, 2002, p. 248). En este sentido, para esta definición un sector se refiere al conjunto de actividades que están unificadas por algunos grupos de productos relacionados para una demanda determinada o emergente. De este modo, un SIS puede analizarse de acuerdo con diferentes niveles de agregación de productos (Malerba, 2002); pueden ser muy amplios como el sector agroalimentario, o más estrechos como el sector hortícola, el cual incluye a las hortalizas, frutas, flores de corte y plantas ornamentales; o bien ubicarse en un nivel cada vez más específico como el sector camaronero. El nivel adecuado de análisis depende del objetivo específico de investigación.

La diferencia principal entre ambos sistemas es que el SIT está orientado a explicar los cambios del sistema a nivel de actores, redes e instituciones a medida que se desarrolla una tecnología. Por otro lado, el SSI se centra en analizar las condiciones y el comportamiento que configura el rendimiento de la innovación en un sector, de esta manera tal enfoque permite analizar los factores relacionados a la evolución de las industrias o sectores económicos (Coenen & Díaz López, 2010). En el Cuadro 3 se colocan otras diferencias entre ambos enfoques.

A diferencia de los demás enfoques que están delimitados espacialmente, tanto el SIT y el SIS atraviesan los límites espaciales. En el primero su delimitación se basa en un producto o conjunto de productos, mientras que en el segundo se basa en una tecnología o campo tecnológico. En una perspectiva de sistema sectorial, se reconoce que los límites nacionales y regionales/locales son importantes en diferentes grados de acuerdo con el sector específico que se esté considerando. Asimismo, este enfoque engloba e incluye el enfoque del sistema tecnológico, ubicándolo en el contexto sectorial (Coenen & Díaz López,

2010). De acuerdo con el desarrollo de las dinámicas de innovación subyacentes, una tecnología o campo tecnológico puede incluir uno o múltiples sectores, en consecuencia, un sistema tecnológico puede cruzar los límites sectoriales y traslaparse con varios sistemas de innovación (Coenen & Díaz López, 2010; Markard & Truffer, 2008).

Cuadro 3. Diferencias entre el SIS y el SIT.

Dimensión	SIS	SIT
Límites de sistema	Basado en producto o grupo de productos/ Implica múltiples tecnologías/No delimitado geográficamente	Basado en una tecnología o dominio tecnológico/ Puede involucrar diferentes sectores/ No delimitado geográficamente
Conocimiento	Enfoque en la innovación incremental	Enfoque en la innovación incremental y radical
Dinámica	El cambio se conceptualiza principalmente como coevolución incremental/ El marco de trabajo como tal es estático (“snap-shot”)	El cambio se conceptualiza como una coevolución radical e incremental/ Especialmente el enfoque de funciones se centra en los procesos (dinámicos)
Enfoque político	Los instrumentos de política están diseñados y aplicados intrínsecamente a nivel sectorial	La intervención política está supeditada a la fase y a los respectivos mecanismos de inducción y bloqueo del sistema/ El funcionamiento subóptimo del sistema es clave para identificar problemas clave de política y prescribir acciones de política

Fuente: Coenen y Díaz López (2010).

Bajo estas circunstancias, aun cuando el punto de partida en el análisis de un sistema es un sector o tecnología, en la medida en la que se aumenta la comprensión del sistema, la delineación de este irremediamente incluirá una especificación adicional en términos espaciales o bien sectoriales (Markard & Truffer, 2008). Por ejemplo, en la Figura 2 se muestra como el SIT 1 se especifica sobre una base espacial (SNI 1) y sectorial (SIS 1); ahora bien, en el

caso del SIT 3 su especificación incluye dos sectores (SIS 3 y SS 4), así como a los SNI 1, 2 y 3.

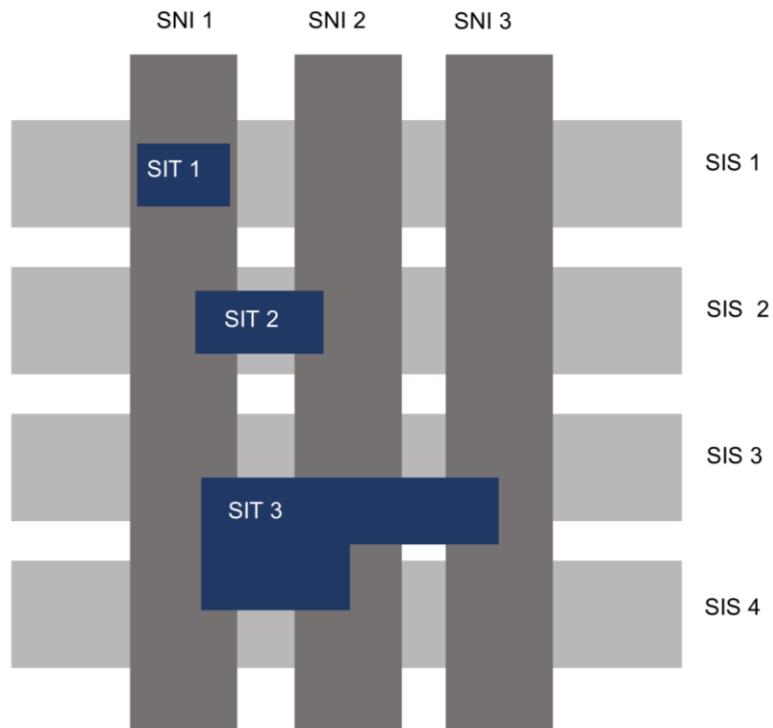


Figura 2. Relación potencial entre los sistemas de innovación nacionales (SNI), sectoriales (SIS) y tecnológicos (STI).

Fuente: Markard y Truffer (2008).

2.3 Del enfoque lineal al enfoque sistémico en los estudios sobre la innovación agrícola

A lo largo de las décadas, la agricultura se ha caracterizado por la prevalencia de varios paradigmas acerca de la innovación. De esta manera, son dos las líneas teóricas sobre las que se ha dialogado el tema de innovación en la agricultura: el enfoque lineal y los enfoques sistémicos. El primero se basa en la transferencia de conocimientos, tecnologías e información desde su concepción en la investigación científica hasta los usuarios finales y su difusión espontánea entre ellos. Este tipo de pensamiento es comúnmente nombrado enfoque lineal (Banco Mundial, 2008; Roling, 2009). Esta vía enfatiza en la inversión en

investigación agrícola y desarrollo, donde la ciencia se considera como la principal fuente de la innovación (Roling, 2009), de allí que se reconozca como un modelo dominado por el sector público (Biggs, 2007).

Sin embargo, este enfoque ha sido constantemente criticado, ya que muchas de las tecnologías a menudo resultan inadecuadas para el entorno social, cultural, físico y económico en el que los agricultores se desarrollan. Siendo necesario que dichas tecnologías vengan acompañadas por cambios complementarios de organización, políticas, entre otros, para poder utilizarse (Hall, 2007b; Hounkonnou et al., 2012; Markard & Truffer, 2008).

En contraste con el enfoque lineal y como respuesta a las deficiencias percibidas, han aparecido otras formas que abordan parte de la complejidad que caracteriza a la innovación (Cuadro 4), surgiendo así los enfoques de investigación participativa y desarrollo tecnológico participativo (Hounkonnou et al., 2012).

Varios investigadores generaron evidencias convincentes de que el conocimiento poseído por la población rural era valioso y, que podría desempeñar un papel relevante en el desarrollo de la tecnología (Hall, 2007b; Roling, 2009). Estas ideas a principios de 1990 detonaron en lo que hoy es conocido como movimiento de investigación participativa iniciado por Robert Chambers y sus colegas, donde el papel de los productores era fundamental para el desarrollo de una determinada tecnología (Hall, 2007b). La finalidad de estos enfoques fue mejorar la captación y el impacto de la investigación, adaptándola a contextos específicos (Klerkx, Schut, et al., 2012). Si bien el enfoque de investigación participativa asumió la importancia del conocimiento poseído por los agricultores, se enfrentó al problema de llegar a un equilibrio en las relaciones de poder entre este conocimiento y la ciencia (Hall, 2007b).

Con el tiempo esta perspectiva evolucionó hacia a los llamados Sistemas de Información y Conocimiento Agrícola (SICA) (Klerkx, et al., 2012), enfoque desarrollado por Rolling y adaptado por el Banco Mundial y la FAO (Hall,

2007b). Si bien el enfoque SICA considera a los agricultores, investigadores y extensionistas, la red de actores posibles es limitada y no atiende al entorno institucional, elementos que también influyen en la innovación agrícola (Klerkx, Schut, et al., 2012). Así, aunque la tecnología sea desarrollada en un proceso participativo con el fin de garantizar su apropiación a las circunstancias y objetivos del productor, a menudo su adopción puede verse limitada debido a condiciones institucionales (Hounkonnou et al., 2012) o del contexto local (Clarke et al., 2018).

Bajo estas circunstancias, el enfoque de SI en la agricultura ha tomado relevancia para comprender de manera integral el proceso de desarrollo de la tecnología, así como los arreglos institucionales necesarios para lograrlo (Hall et al., 2001).

Un sistema de innovación agrícola (SIA) se define como: *un conjunto de componentes relacionados entre sí (individuos, organizaciones, organismos públicos o instituciones) que trabajan a través de la colaboración y la competencia para generar, difundir y utilizar el conocimiento y la tecnología que tiene un valor económico en el sector agrícola* (Sumberg, 2005, p. 37).

El SI contrasta con el modelo lineal y destaca que el proceso de innovación es un proceso interactivo que involucra la participación de diferentes actores, los cuales aportan diferentes tipos de conocimiento, recursos y capacidades al interior de un contexto social, político, de políticas e institucional (Banco Mundial, 2008). Los diferentes tipos de conocimiento pueden adquirirse a través del aprendizaje, la investigación o la experiencia, pero solo se consideran como una innovación hasta que se aplican (Hall et al., 2005). Por tanto, la investigación es vista sólo como una fuente más de la innovación dentro de un sistema complejo, interactivo y basado en el aprendizaje (Sumberg, 2005).

Así, la contribución del SI en el sector agroalimentario es la pertinencia que tiene para explicar los procesos de innovación, ya que reconoce y valora la diversidad de actores en el proceso de innovación y los factores institucionales

que rigen su participación y sus roles (Banco Mundial, 2008; Hall et al., 2003; Hall, 2006).

2.3.1 El primer acercamiento al sistema de innovación agrícola

A pesar de que la mayoría de los trabajos sobre sistemas de innovación han tenido en cuenta las economías industriales de los países desarrollados, su uso se ha extendido durante los últimos años al sector agrícola.

Una incursión temprana en lo que hoy se conoce como SIA es el modelo de las fuentes múltiples. En la década de 1980, cuando aún la posición dominante era el modelo lineal, varios autores como Biggs y Clay (1981) y Biggs (1990) empezaron a destacar la existencia de múltiples fuentes de innovación (Sumberg, 2005). Biggs (1990) describe dos modelos de investigación y difusión de tecnología: el modelo de la fuente central y el modelo de las múltiples fuentes de innovación. En el modelo de la fuente central las nuevas innovaciones se originan en los sistemas nacionales de investigación y de allí se transmiten a los agentes de extensión y por último a los agricultores. Mientras tanto, el modelo de las múltiples fuentes considera a los centros de investigación como una fuente más de innovación de entre las muchas que existen, de este modo no hay un flujo unidireccional de las innovaciones. Por tanto, la investigación no sólo proviene de aquellos que se designaron como investigadores, sino también de los actores privados, organizaciones no gubernamentales, otras organizaciones, los agricultores, los proveedores de insumos, entre otros (Biggs, 1990).

Cuadro 4. Perspectivas teóricas de la innovación agrícola.

Paradigma /enfoque	Enfoque lineal	Enfoques sistémicos	
	TT (Transferencia de tecnología)	SICA (Sistemas de Información y Conocimiento Agrícola)	SIA (Sistema de Innovación Agrícola)
Era	Extendido desde 1960	Empezó en los 90s	Desde 2000
Estructura organizacional	Sistema Nacional de Investigación Agrícola	Sistema Nacional de Investigación Agrícola como parte del SICA, incluye el sistema de extensión y educación	Sistema Nacional de Innovación, Sistema Nacional de Investigación Agrícola, incluyendo el sistema de extensión y educación y, organizaciones del sector privado.
Alcance	Aumentar la productividad	Colaborar, integrar diferentes tipos de conocimiento para el desarrollo sostenible	Generar cambios institucionales.
Mecanismo de innovación	Transferencia de tecnología	Aprendizaje interactivo	Aprendizaje interactivo
Flujo de la innovación	De arriba hacia abajo	De abajo hacia arriba	Multidireccional
Rol de los productores	Adoptadores de tecnologías	Experimentadores Expertos	Socios, empresarios, parte de la red de innovación
Papel de la investigación y de los investigadores	Desarrolladores de conocimiento y tecnología.	Capacitadores y facilitadores de aprendizaje	Actores para mejorar la capacidad de innovación en el sistema; miembros de la red de innovación
Innovadores	Científicos	Agricultores y científicos trabajando juntos	Potencialmente todos los actores
Papel de la política	Establecer prioridades y asignar recursos para la investigación	Establecer prioridades y asignar recursos para la investigación en consulta con diferentes partes interesadas.	Parte integral de la capacidad de innovación. Fortalecimiento del entorno propicio y coordinación del sistema de apoyo

Fuente: Hall (2007a); Klerkx, van Mierlo y Leeuwis (2012)

Con los antecedentes anteriores no fue hasta inicios del presente siglo que se empezó a utilizar el concepto de SI. La revisión de literatura indica que Hall y sus colaboradores (Hall et al., 2001, 2003) fueron los pioneros en sugerir el uso de este enfoque como un marco de análisis en el sector agroalimentario. Esta afirmación se ilustra en la Figura 3 donde se presentan los 30 documentos con el mayor número de citas dentro de 390 resultados obtenidos en la base de Web of Science⁵. Los nodos representan los artículos más citados, mientras que la línea de tiempo en la parte izquierda indica cuando se publicó el documento y quien cita a quien en el tiempo.

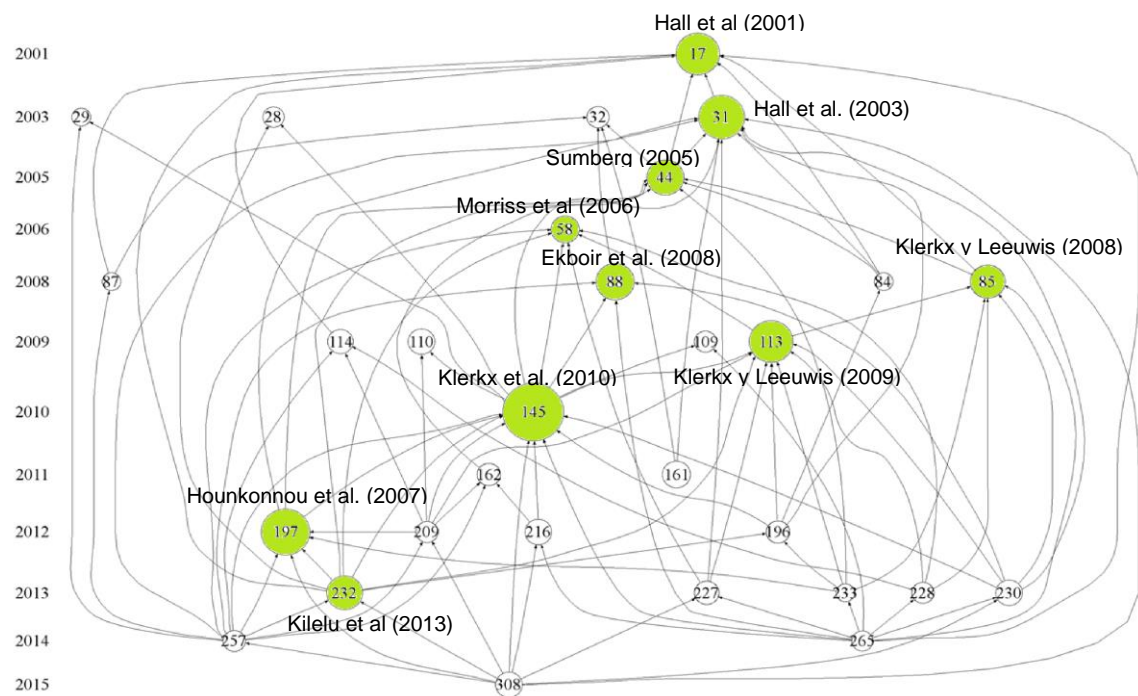


Figura 3. Histograma elaborado con la herramienta Histcite utilizando datos de Web of Science en el periodo de 1990-2017.

Fuente: elaboración propia.

Hall y sus colaboradores utilizaron el concepto de SI para explicar el por qué algunos proyectos sociales no tenían el impacto deseado. La evidencia mostró

⁵ Las palabras clave utilizadas para la búsqueda fueron: (“Innovation systems” or “Innovation system” or “Systems innovation” or “System innovation” or “Systems of innovation” or “System of innovation”) and (“agriculture” or “farming” or “agrifood” or “producer” or “farm” or “grower” or “farmer” or “agricultural”)

que las innovaciones no solo eran resultado de las acciones de investigación y desarrollo planificado, sino también provenían de diversos agentes, donde el entorno institucional tenía un papel relevante (Hall et al., 2001)

2.3.2 La dinámica del sistema de innovación agrícola

El estudio sobre SI tradicionalmente se ha centrado en los componentes estructurales y, por tanto, la comparación de la estructura de varios sistemas de innovación ha sido una fuente importante de información con relación al éxito o fracaso de un sistema y para diagnosticar su madurez (Bergek et al., 2008; Wieczorek & Hekkert, 2012). De este modo, si en un SI están ausentes muchos componentes estructurales o funcionan deficientemente, se dice que el sistema está en un estado inmaduro. Este tipo de análisis ha sido la manera más viable de estudiar un SI cuando este involucra una gran cantidad de actores, instituciones e interacciones, tal es el caso de los sistemas de innovación nacionales (Hekkert & Negro, 2009).

No obstante, el estudio de los SI, centrado sólo en la estructura, simplifica la naturaleza dinámica y cambiante, que subyace con la acumulación y transformación de los componentes estructurales a lo largo del tiempo. Por tanto, este análisis sólo proporciona información del sistema en un momento determinado o periodo de tiempo, olvidando que las estructuras deben concebirse como "partes móviles" (Suurs, 2009), donde la innovación es dependiente de la trayectoria. Además, para los responsables de política aun cuando aprendan sobre la estructura de los sistemas y tengan la expectativa de que funcione igual de bien, les será difícil imitar estos elementos en otro, pues cada sistema se desarrolla en un contexto específico (Wieczorek & Hekkert, 2012).

Adicionalmente, no es posible medir la contribución de un componente estructural particular sin reconocer sus efectos en los procesos de innovación. Por ejemplo, ¿cómo saber si una red de actores es una fortaleza o una

debilidad, sin evaluar su influencia en el proceso de innovación? (Bergek et al., 2008).

De este modo, cuando el propósito es analizar el SI para generar información referente a su formación y a los procesos de innovación que subyacen, así como conocer su rendimiento, el estudio de los componentes estructurales es insuficiente (Bergek et al., 2008; Hekkert & Negro, 2009; Suurs, 2009).

Estas limitantes se han abordado por medio del mapeo de las funciones del sistema de innovación (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007; Suurs, 2009). Las funciones se conceptualizan como factores que influyen en la función general de un SI: generar, difundir y usar innovaciones (Markard & Truffer, 2008). Por tanto, su despliegue es indispensable para que un sistema se desarrolle, crezca y permanezca, aumentando la probabilidad de éxito de una innovación (Hekkert & Negro, 2009).

La evaluación de estas funciones permite: i) guiar a los formuladores de políticas y a otros agentes que deseen intervenir en el sistema (Bergek et al., 2008); ii) abordar el rendimiento de un sistema de innovación (Hekkert et al., 2011); y iii) comprender las determinantes del cambio, lo cual es imposible bajo la comprensión de los componentes estructurales (Hekkert et al., 2007).

La literatura identifica siete funciones del sistema de innovación: F1) actividades empresariales; F2) desarrollo del conocimiento; F3) difusión del conocimiento a través de las redes; F4) orientación de la búsqueda; F5) formación del mercado; F6) movilización de los recursos; y F7) creación de legitimidad. Las funciones señaladas se describen a continuación (Bergek et al., 2008; Meijer et al., 2007).

Función 1: Actividades empresariales. Son las actividades relacionadas a nuevas empresas y a las ya existentes en torno a una tecnología, incluida la experimentación. La innovación implica riesgo e incertidumbre, tanto en términos tecnológicos como económicos, por tanto, la identificación y gestión de la incertidumbre es un tema clave. De este modo, los empresarios son un

elemento central para que un SI funcione correctamente, ya que su función es convertir el potencial de los nuevos conocimientos, redes y mercados en acciones concretas para generar y aprovechar nuevas oportunidades de negocio.

Función 2. Desarrollo de conocimiento. Son las actividades relacionadas con el desarrollo de una tecnología y el aprendizaje sobre sus aspectos técnicos, económicos y sociales. Esta función incluye el aprender mediante la búsqueda y el aprender haciendo.

Función 3. Difusión de conocimiento. Se refiere al flujo de información referente a la tecnología y aspectos relacionados a ella. Ocurre a través de actividades de red, y su despliegue es crucial para las decisiones que están tomando los actores de innovación heterogéneos, incluidos la investigación, el gobierno y la competencia. La red de conocimiento es importante para intercambiar información de forma más fácil. En general, entre más vínculos hay entre los actores dentro de una red, más fácilmente se diseminará el conocimiento. Las actividades incluidas en esta función pueden ser conferencias, talleres, comunidades prácticas, asesorías, entre otras.

Función 4: Orientación de la búsqueda. Incluye a todas las actividades que implican la creación de expectativas sobre el futuro de una nueva tecnología e incentivos para su adopción. Las oportunidades raramente aparecen por sí mismas y de forma clara, esto aplica a las nuevas tecnologías que alteran el conocimiento tecnológico existente (innovaciones radicales). De este modo, la identificación de oportunidades y la articulación de la demanda debe tener suficientes incentivos y/o presiones para que las empresas busquen oportunidades y emprendan inversiones en la nueva tecnología.

Función 5: Formación de mercado. Se refiere a las actividades que posibilitan la creación de un nicho para la nueva tecnología. Es posible que para una nueva tecnología los mercados no existan o estén muy subdesarrollados, por tanto, la nueva tecnología tendrá dificultades para competir con las tecnologías

existentes. Debido a esto, es importante crear un espacio protegido para las nuevas tecnologías. Dentro de este entorno, los actores pueden aprender sobre la nueva tecnología (funciones 2 y 3) y las expectativas pueden desarrollarse (función 4).

Función 6: Movilización de recursos. En la realización de las actividades dentro del SI son necesarios recursos financieros, de capital y humanos. En algunos casos, la movilización de recursos también implica la construcción de infraestructura física y de conocimiento.

Función 7: Creación de legitimidad. Para que una tecnología se desarrolle bien debe formar parte del régimen existente e incluso tiene que derrocarlo. Además, puede haber oposición a la fuerza de la destrucción creativa, por lo que la nueva tecnología y sus defensores deben considerarse deseables para que movilicen los recursos, se forme la demanda y los actores adquieran fuerza y poder político. La legitimidad no es algo que se da automáticamente, al contrario, debe construirse a través de acciones consistentes de organizaciones e individuos en un proceso que incorpora aspectos cognitivos, normativos y reglamentarios. Así, su desarrollo debe impulsarse a través de un marco institucional que incluya varios tipos de instrumentos legales, programas y fondos especiales para el desarrollo tecnológico, financiamiento de proyectos, protección de la propiedad intelectual, información sobre mercados y apoyo a los productores (Solleiro-Rebolledo et al., 2015).

Las siete funciones del SI interactúan entre sí, en consecuencia, el cumplimiento de una determinada función puede tener efectos sobre el cumplimiento de otras. Si la causación (interacción) entre las funciones es positiva, los ciclos virtuosos que se originan se fortalecen mutuamente y conducen al crecimiento y maduración del SI. Por el contrario, si la causación entre las funciones es negativa se pueden desarrollar ciclos negativos (viciosos) que conducen a una reducción en el desempeño de las demás funciones y, por tanto, impiden el crecimiento del sistema. Entender estos patrones nos

proporciona pistas para comprender el SI y generar políticas para acelerar su crecimiento (Hekkert & Negro, 2009).

El enfoque funcional se ha aplicado recientemente en el contexto agroalimentario de países desarrollados (Borremans et al., 2018; Hermans et al., 2019; Lamprinopoulou et al., 2014), pero también ha sido importante su uso en el análisis de la dinámica y el funcionamiento de los sistemas de innovación en los países subdesarrollados (Audouin et al., 2018; Kebebe, 2019).

2.3.3 Fallas del sistema de innovación

Los problemas que obstaculizan el desarrollo de los sistemas de innovación se nombran en la literatura como problemas sistémicos, fallas o debilidades. Los problemas sistémicos, fracasos o debilidades se refieren a los problemas que surgen en los sistemas de innovación e influyen negativamente en la dirección y velocidad de los procesos de innovación y obstaculizan el desarrollo y funcionamiento de los sistemas (Wieczorek & Hekkert, 2012). Las políticas de innovación basadas en evidencia evalúan el funcionamiento de los sistemas de innovación y tratan de identificar los problemas subyacentes para posteriormente desarrollar políticas (Hekkert et al., 2011).

Con base a la revisión de literatura, Woolthuis Klein et al. (2005) plantea cuatro categorías de fallos:

i) Fallos de infraestructura: se refiere a las deficiencias en la infraestructura existente, necesaria para permitir las actividades de innovación.

ii) Fallos institucionales: se distinguen dos tipos, fallas duras y blandas. Los primeros se refieren a los mecanismos institucionales formales que pueden obstaculizar la innovación (leyes, reglamentos); mientras que las segundas se refieren a cuestiones de culturas políticas y socioeconómicas, normas sociales, valores y costumbres.

iii) Fallos de interacción: los fracasos en la interacción pueden ser de dos tipos; puede haber interacciones demasiado fuertes o muy débiles. El fallo en una relación fuerte ocurre cuando las interacciones son demasiado densas, lo cual impide que surjan nuevas ideas. En el caso de fallos en relaciones débiles se origina cuando hay un limitado intercambio con otros actores del sistema, lo cual impide que el conocimiento fluya y, por tanto, la innovación se obstaculiza.

iv) Fallos de las capacidades: ocurre cuando los actores que integran el sistema de innovación carecen de las competencias, las capacidades y recursos necesarios para adaptarse a las nuevas circunstancias, como nuevas tecnologías y demandas del mercado.

A partir de las categorías anteriores Wieczorek y Hekkert (2012) sugieren también cuatro fallos. Para ello, establecen que un sistema de innovación puede no funcionar bien cuando hay un problema con i) alguno de los componentes estructurales o ii) con sus atributos (propiedades). De esta manera es posible explicar el inadecuado funcionamiento de un sistema a través de sus componentes estructurales y relaciones de dos maneras: por su presencia/ausencia o por sus propiedades (capacidad y calidad).

i) Problemas de actores. Tiene el mismo significado que el fracaso de capacidades, y se distinguen dos tipos: por su presencia y por su capacidad. La primera se refiere a los actores que pueden estar ausentes, mientras que la segunda hace hincapié en que los actores pueden carecer de capacidad para aprender o utilizar los recursos disponibles.

ii) Problemas institucionales. Se distinguen dos tipos: por su presencia, cuando no existen instituciones específicas, y por su capacidad, cuando hay un problema con su capacidad y calidad.

iii) Problemas de interacción. Puede ser de dos tipos, por su presencia, faltan interacciones debido a la distancia cognitiva entre actores, objetivos diferentes,

supuestos, capacidades o falta de confianza, y por su calidad, cuando hay un problema con la calidad e intensidad de las interacciones.

iv) Problemas de infraestructura (física, financiera y de conocimiento). Puede ser de dos tipos, por presencia, relacionada cuando no existe un tipo específico de infraestructura, y por su calidad, cuando la infraestructura es inadecuada o funciona mal.

Adicional a las fallas del sistema anteriores, las cuales se relacionan propiamente a la estructura del sistema, Weber y Rohrer (2012) indican que las fallas sistémicas señaladas se limitan a abordar las debilidades estructurales de un sistema, dejando de lado la perspectiva multinivel, donde se han identificado factores que impiden que los procesos de cambio transformativo se produzcan en forma adecuada. De esta manera, estos autores sugieren fallas adicionales a las cuales les nombran fallas transformacionales:

i) Falta de direccionalidad: falta de visión compartida con respecto a la meta y dirección del proceso de transformación; incapacidad de coordinación colectiva de agentes involucrados en la conformación del cambio sistémico; regulación o normas insuficientes para guiar y consolidar la dirección del cambio; falta de financiación específica para proyectos e infraestructuras de investigación, desarrollo y demostración para establecer corredores de caminos de desarrollo aceptables.

ii) Fallo de articulación de demanda: la demanda tiene particular influencia en la configuración de las innovaciones, por lo que, es posible encontrar una deficiente adopción de innovaciones entre los consumidores y usuarios, lo que refleja un déficit en la anticipación y el aprendizaje sobre de sus necesidades. De este modo, este fallo se refiere a espacios insuficientes para anticipar y aprender sobre las necesidades de los usuarios para permitir la adopción de innovaciones; ausencia de señales orientadoras y estimulantes de la demanda pública; falta de competencias que articulan la demanda.

iii) Fallo de coordinación de políticas: falta de coordinación de políticas multinivel a niveles sistémicos diferentes; falta de coordinación horizontal entre las políticas de investigación, tecnología e innovación, por un lado, y las políticas sectoriales por otro; la falta de coordinación vertical entre los ministerios (secretarías de estado) y los organismos de ejecución conduce a una desviación entre las intenciones estratégicas y la aplicación operativa de las políticas; no hay coherencia entre las políticas públicas y las instituciones del sector privado.

iv) Falla de reflexividad: insuficiente capacidad del sistema para monitorear, anticipar e involucrar a los actores en los procesos de autogobierno; la falta de arreglos reflexivos distribuidos para conectar diferentes esferas discursivas, proporcionar espacios para la experimentación y el aprendizaje; no hay carteras de políticas adaptables para mantener las opciones abiertas y hacer frente a la incertidumbre.

Por último, otras fallas que también deben considerarse son las fallas de mercado, las cuales se clasifican en cuatro:

i) Asimetrías de información: la incertidumbre y el riesgo sobre los resultados y el horizonte de tiempo corto de los inversores privados conducen a la falta de oferta de financiación para la I+D.

ii) Derrame de conocimiento: el carácter de bien público del conocimiento y su filtración conducen a una inversión socialmente subóptima en investigación y desarrollo (básicos).

iii) Externalización de costos: la posibilidad de externalizar los costos conduce a innovaciones que pueden dañar el medio ambiente u otros agentes sociales.

iv) Sobre-explotación de los bienes comunes: los recursos públicos se utilizan en exceso en ausencia de normas institucionales que limiten su explotación (tragedia de los bienes comunes).

2.3.4 Intermediarios de la innovación

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores, una condición necesaria para mejorar el funcionamiento de un SI, habilitar la innovación y generar condiciones para su escalamiento es estimular la construcción de relaciones e interacciones entre diversos actores heterogéneos. Estas relaciones deben ser efectivas en términos de aprendizaje conjunto, movilización de recursos y cambios organizacionales, sociales, tecnológicos e institucionales (Kilelu et al., 2011). No obstante, muy a menudo los enlaces necesarios en un SI están ausentes o son disfuncionales, lo que resulta en fallas del sistema y del mercado (Kilelu et al., 2011; Klerkx et al., 2009; Wieczorek & Hekkert, 2012). Esta situación es muy característica de los países en desarrollo donde las interacciones entre los diversos actores son esporádicas y fragmentadas (Kilelu et al., 2011).

Para abordar dicha fragmentación del sistema, varios estudios han señalado la pertinencia de un actor intermediario en la creación de vínculos e interacciones necesarios para construir redes dinámicas y efectivas a largo plazo, que faciliten los procesos de innovación y la mejora de las capacidades de innovación (Kilelu et al., 2011; Klerkx & Leeuwis, 2009). Un intermediario de innovación se define como: *“organización u organismo que actúa como agente o corredor en cualquier aspecto del proceso de innovación entre dos o más partes”* (Howells, 2006, p. 720).

Un actor intermediario se considera como indispensable en el SI, pues permite crear conectividad dentro del sistema y actúa como un catalizador (animador) al crear nuevas oportunidades de crecimiento y dinamismo en el sistema, condiciones que de otro modo serían muy difíciles (Howells, 2006; Klerkx & Leeuwis, 2009).

Los principales actores intermediarios en el contexto agrícola han sido los agentes de extensión para apoyar a la innovación agrícola, centrados en el conocimiento y transferencia de tecnología. Si bien, este tipo de intermediación

es importante para la innovación agrícola, no toma en cuenta la complejidad de los impulsores de la innovación, requiriéndose un apoyo sistémico más amplio que contribuya a ofrecer otros servicios tales como, financiación, organización, gestión empresarial, entre otros (Kilelu et al., 2011).

Un intermediario puede cumplir muchas funciones y sus relaciones pueden ser complejas, más allá de una triada (Howells, 2006). Se ha demostrado que una amplia variedad de actores de los sectores público, privado y civil pueden tomar el rol de intermediarios de innovación, de manera que la intermediación puede ocupar una actividad central dentro de una gama de otras actividades (Howells, 2006).

Sobre la base de una amplia revisión de la literatura acerca del papel de los intermediarios en la agricultura (Kilelu et al., 2011) plantea cinco funciones:

- ❖ Articulación de la demanda. Incluye la articulación de las necesidades, visión y de la demanda en lo que se refiere a tecnología, financiamiento y políticas.
- ❖ Construcción de redes. Se refiere a la orquestación e intermediación de redes de actores heterogéneos relevantes.
- ❖ Intermediación de conocimiento. Significa facilitar el acceso a tecnologías disponibles y articular brechas de conocimiento, así como, influir en la agenda de investigación para nuevas demandas de conocimiento.
- ❖ Gestión del proceso de innovación: Se refiere a la organización de espacios para la interacción y colaboración con la finalidad de estimular el aprendizaje y para la negociación entre diversas partes interesadas.
- ❖ Creación de capacidad empresarial. Vincular a los agricultores con servicios que fortalezcan sus capacidades, por ejemplo, la acción colectiva.

- ❖ Apoyo institucional. Los intermediarios tienen un papel importante en el apoyo institucional como actores fronterizos, principalmente en la interfaz de la ciencia y su aplicación, así como también en la arena política y regulatoria de los procesos de innovación.

2.4 El escalado de la innovación: un desafío para el sistema de innovación

Hasta ahora hay un consenso general sobre la importancia de la innovación como un recurso crítico para hacer de la agricultura una actividad más competitiva, sostenible y equitativa (IICA, 2011, 2014). Sin embargo, además de la necesidad de innovar, también es necesario lograr que sus resultados se den en una población agrícola cada vez más grande de manera eficiente, efectiva y sostenible, lo cual también es parte del proceso de innovación.

De este modo, expandir el impacto de las innovaciones se ha planteado como uno de los grandes desafíos que enfrentan las intervenciones en el SIA (Maru, 2018). Este proceso se ha capturado en el concepto de escalado, el cual implica traer más beneficios a más personas más rápidamente (International Institute of Rural Reconstruction, 2000).

El escalado es un concepto complejo, por lo que conceptualizarlo como la transferencia de las mejores prácticas de un contexto a otro es demasiado simplista (Woltering et al., 2019). Además, el escalado no solo se refiere a la difusión y replicación de las tecnologías o prácticas sino también a la adaptación y el aprendizaje continuo (International Institute of Rural Reconstruction, 2000). Por tanto, escalar una innovación requiere atención en los procesos organizativos e instituciones que emergen con una tecnología o práctica particular (Woltering et al., 2019).

En consecuencia, el escalado no solo incluye a las tecnologías sino también a los procesos que están detrás de las tecnologías (International Institute of Rural Reconstruction, 2000). Esto significa que lo que es útil para escalar no es escalar una tecnología, sino escalar la creación de condiciones propicias para

generar un impacto sistémico más amplio (International Institute of Rural Reconstruction, 2000; Maru, 2018). En estas circunstancias el SIA debe funcionar adecuadamente para asegurar el escalamiento de las innovaciones.

El proceso de escalar las innovaciones para generar impactos sistémicos involucra la combinación de diferentes tipos de escalado. El escalamiento vertical que incluye el cambio institucional a nivel de políticas, reglas y leyes, por tanto, involucra la participación de otros sectores o grupos de partes interesadas; “impactando leyes y políticas”. Escalamiento horizontal es la extensión geográfica para cubrir a más personas y comunidades dentro del mismo sector; “impactando a un número mayor” (Gonsalves, 2001).

Lo anterior muestra la complejidad del escalamiento y su multidimensionalidad (International Institute of Rural Reconstruction, 2000). Los esfuerzos temporales de los proyectos y el apoyo externo para obtener un gran número de beneficiarios son importantes, sin embargo, no necesariamente crean sostenibilidad. De esta forma, se han planteado tres dimensiones del escalado: i) llegar a muchas personas, ii) sostenibilidad y, iii) cambio del sistema (Woltering et al., 2019).

A menudo los proyectos piloto o pruebas que se emprenden no se amplían y desaparecen después de que finaliza la financiación inicial (Woltering et al., 2019). En estas circunstancias el impacto que los proyectos tienen es reducido, por tanto, los financiadores, los formuladores de políticas y la sociedad se preocupan cada vez más por la escala y el impacto de sus inversiones, lo cual ejerce una mayor presión sobre los investigadores y los encargados de los proyectos (Gonsalves, 2001). Woltering et al. (2019) mencionan que el problema principal que socava los esfuerzos para lograr escalar los proyectos es que estos se desarrollan en entornos muy controlados que no necesariamente reflejan la realidad de la escala, por ejemplo: dependencia de recursos externos, horizonte de tiempo fijo, confianza en el liderazgo externo con una limitada colaboración con los sistemas locales existentes; colaboración sesgada entre los actores relevantes para abordar un problema social;

incentivos limitados para escalar; blindaje frente al mundo real, pues los proyectos están protegidos de la política, las regulaciones, la fuerza del mercado, entre otros.

2.5 Sistema de innovación y cadena de valor

Dada la importancia que la cadena de valor (CV) tiene en esta investigación, en los siguientes apartados se aborda la definición de este concepto y la relación que tiene con el sistema de innovación.

2.5.1 Complementariedad entre el SI y la CV

En los últimos años ha surgido el interés de combinar los enfoques cadena de valor (CV) y sistema de innovación, explicado por su contribución potencial en la comprensión de la innovación y modos de aprendizaje.

En su definición más simple una cadena de valor se refiere al conjunto de actividades interconectadas, creadoras de valor, llevadas a cabo por una empresa o grupo de empresas para conducir un producto o servicio desde su concepción hasta la entrega al consumidor, la disposición y el desecho final a través de diversas fases intermedias de producción (Banco Mundial, 2008; Kaplinsky & Morris, 2001). Al igual que el sistema de innovación, una cadena de valor es un concepto analítico que permite abstraer parte de la realidad para describir y explicar por qué toma determinada forma o configuración. Su objetivo como herramienta descriptiva y analítica es tener una visión amplia del conjunto de actores involucrados en la cadena, identificar puntos débiles en su configuración y a partir de ello proponer estrategias de acción (Torres Ávila & Aguilar Ávila, 2019). Así, su análisis permite a los tomadores de decisiones: i) identificar los principales problemas que afectan el rendimiento y desarrollo de una CV en su conjunto; ii) involucrar a las partes interesadas en el diagnóstico y resolución de problemas; y iii) apoyar las relaciones más eficaces entre las empresas de la cadena (Humphrey, John and Memedovic, 2006).

Si bien la CV y el SI responden a principios organizacionales diferentes, su relación se establece a partir de su complementariedad y superposición a nivel de su configuración organizacional. Ambos enfoques son de naturaleza relacional y se complementan en la medida que se destacan los vínculos e interacciones entre actores heterogéneos (Banco Mundial, 2008; Lema et al., 2018).

Para la cadena de valor el desafío fundamental es vincular de manera efectiva la oferta y la demanda en la forma más rentable, tanto en el largo como en el corto plazo, y para ello el flujo de la información entre los diferentes actores de la cadena es de vital importancia (Banco Mundial, 2008). La información fluye en dos direcciones: los mercados generan información para los productores en relación con el precio, la cantidad, la calidad, el manejo del producto, las opciones tecnológicas, mientras que los productores generan información para los demás eslabones sobre las cantidades de producción, las ubicaciones, el tiempo y los problemas de producción (Norton, 2014). Bajo estas circunstancias, las relaciones y necesidades que se establecen entre los actores de la cadena plantean la necesidad de un entorno que apoye el aprendizaje interactivo y la innovación. Este entorno ineludiblemente incluye al SI (Chaminade & Vang, 2008).

Es así que, en respuesta a las necesidades de la cadena, la construcción de un SI se convierte en una tarea crucial, pues el involucramiento de nuevos actores con el fin de apoyar e introducir innovaciones a lo largo de la cadena le permite responder de una forma oportuna al conjunto de señales del mercado, de política o de otro tipo (Banco Mundial, 2008). En este contexto, los miembros de la cadena colaboran, desarrollan sinergias y se vinculan con actores fuera de la cadena de valor (Hartwich & Kormawa, 2009). Ahora bien, la interacción que se establece entre el sistema de innovación y la cadena de valor a lo largo del tiempo es un proceso co-evolutivo, es decir, el sistema de innovación influye en el desarrollo de la cadena y, viceversa, la cadena influye en el desarrollo del sistema (Lema et al., 2018).

Como consecuencia de lo anterior, se infiere que los actores que integran la CV se corresponden con una parte del SI. Dado que la influencia puede ser mutua, la cadena, cuando ya existe, influye en el proceso de construcción del sistema, mientras que el sistema influye en el establecimiento (cadena emergente) o actualización de la cadena (cadena madura). De este modo, en algún punto las redes configuradas en cada caso se superpondrán. El ejemplo más claro sobre la superposición entre la cadena y el sistema se da cuando la red de innovación que integra al sistema a menudo está relacionada con el producto principal de la cadena y se incluyen relaciones de productores y compradores e intercambios de conocimientos (Hartwich & Kormawa, 2009).

Los elementos hasta ahora esbozados sugieren que la configuración de la cadena de valor merece especial atención en los estudios del sistema, particularmente cuando el foco de análisis se centra en los procesos de innovación.

2.5.2 Gobernanza en la CV como mecanismo de innovación

Establecido el vínculo existente entre la cadena de valor y el sistema de innovación, el cual primordialmente se basa en la superposición de sus estructuras de configuración y su relación co-evolutiva con consecuencias en el aprendizaje y la innovación, es importante abordar un poco más sobre el desarrollo conceptual que se ha empezado a desplegar y que se deriva de la sinergia de combinar ambos enfoques.

Considerando que las innovaciones pueden ocurrir en todos los puntos de la cadena, una cuestión que se ha abordado es comprender cómo los diferentes actores se relacionan entre sí a través de los diferentes eslabones y cómo se gobiernan estas relaciones. Esto es particularmente importante pues la complementariedad e interdependencia entre los actores de la cadena demanda, en mayor o menor grado, influye en la forma en que estos actores se coordinan para generar redes de investigación y desarrollo, producción y

distribución (Lema et al., 2018). A este respecto, se destaca el rol de la gobernanza de la cadena en los procesos de innovación y aprendizaje.

La gobernanza se refiere a la forma de coordinación que caracteriza el intercambio entre empresas en un nodo específico de la cadena de valor: la empresa principal y sus proveedores inmediatos (Gereffi et al., 2005; Gibbon et al., 2008).

Gereffi et al. (2005) distingue cinco tipos de gobernanza: i) jerárquica, se caracteriza por la integración vertical y el control gerencial que fluye de gerentes a subordinados, o de la sede central a subsidiarias y afiliados; ii) cautiva, se caracteriza con frecuencia por el alto grado de monitoreo y control por parte de las empresas líderes, además los pequeños proveedores dependen transaccionalmente de compradores mucho más grandes, pues los costos de transacción son altos; iii) relacional, se caracteriza por interacciones complejas entre compradores y vendedores, lo que a menudo crea dependencia mutua y altos niveles de especificación de activos; iv) modular, en general los proveedores hacen productos según las especificaciones de un cliente, los cuales pueden ser más o menos detallados. Sin embargo, al proporcionar "servicios llave en mano", los proveedores toman toda la responsabilidad de las competencias necesarias para el desarrollo de la tecnología, utilizan maquinaria genérica que limite las inversiones específicas de transacciones y realizan gastos de capital para componentes y materiales en nombre de los clientes; y v) de mercado, los costos de cambiar a nuevos socios son bajos para ambas partes, además los vínculos de mercado no tienen que ser completamente transitorios (lo cual es típico de los mercados al contado) sino que pueden persistir con el tiempo, con transacciones repetidas.

Ahora bien, se emplean tres atributos o variables que configuran la forma de gobernanza y, por tanto, ayudan a caracterizar y a diferenciar estos modos de gobernanza: i) complejidad de las transacciones, ii) codificación de la información; y iii) la capacidad de los proveedores (Cuadro 5). En la medida que


una CV se desplaza de mercado a jerarquía, el nivel de coordinación aumenta, lo mismo que la asimetría de poder entre los actores (Gereffi et al., 2005).

Ahora bien, una contribución conceptual importante al enfoque de sistema de innovación es el tratar de forma explícita la perspectiva de la CV y sus modos de gobernanza en su análisis. A este respecto, se argumenta que los mecanismos de aprendizaje e innovación se ven influidos por las relaciones que se establecen entre los diversos actores involucrados dentro de la cadena y, por tanto, pueden variar dentro de los distintos modos de gobernanza (Morrison et al., 2008; Pietrobelli & Rabellotti, 2011). Si bien la gobernanza de la cadena influye en la forma en la que el aprendizaje y la innovación ocurren, Pietrobelli y Rabellotti (2011) indican que el SI puede influir de forma positiva para que la gobernanza sea más fluida y equilibrada, de manera que se contribuya a reforzar la actualización de los actores de la cadena, por ejemplo, un sistema bien estructurado y eficiente puede contribuir a reducir la complejidad de las transacciones y permitir que estas pasen a formas relacionales de gobernanza.

2.6 Reflexiones finales

En este capítulo se han descrito los orígenes y características del sistema de innovación, lo cual permitió sentar las pautas para abordar los casos seleccionados; se destacan dos elementos. Primero, la innovación debe analizarse como un proceso social complejo, cuyo desarrollo incluye el despliegue de otras innovaciones. Segundo, al precisar a la innovación como un proceso y no como un resultado es necesario abordar su estudio a través de la recuperación de su proceso histórico.

Cuadro 5. Tipos de gobernanza en las cadenas de valor y mecanismos de aprendizaje asociados.

Tipo de gobernanza	Complejidad de las transacciones	Habilidad para codificar transacciones	Capacidades en la base de proveedores	Grado de coordinación explícita y asimetrías de poder	Mecanismo de aprendizaje dominante	
Jerárquica	Alta	Baja	Baja	Alta	Imitación/ capacitación del líder o propietario extranjero/ Efecto de contagio de conocimiento	
Cautiva	Alta	Alta	Baja		Aprender a través de la transferencia deliberada de conocimientos de empresas líderes confinadas a una gama limitada de tareas, por ejemplo, montaje simple	
Relacional	Alta	Baja	Alta		Aprendizaje mutuo de las interacciones cara a cara	
Modular	Alta	Alta	Alta		Aprender a través de la presión para cumplir con los estándares internacionales/ Transferencia de conocimientos incorporados en normas, códigos, definiciones técnicas, otros.	
De mercado	Baja	Alta	Alta		Baja	Efectos de contagio de conocimientos/ Imitación

Fuente: Gereffi et al. (2005).

2.7 Literatura citada

- Aldrich, H. E., & Ruef, M. (2006). The Evolutionary Approach. In *Organizations Evolving* (2nd ed., pp. 16–33). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781446212509.n2>
- Audouin, S., Gazull, L., & Gautier, D. (2018). Territory matters: Exploring the functioning of an innovation system through the filter of local territorial practices - the example of the adoption of cashew trees in Burkina Faso. *Journal of Rural Studies*, 63(February), 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.08.007>
- Banco Mundial. (2008). *Incentivar la innovación agrícola: Cómo ir más allá del fortalecimiento de los sistemas de investigación*. Mayol Ediciones.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37, 407–429. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>
- Biggs, S. (2007). Building on the positive: an actor innovation systems approach to finding and promoting pro poor natural resources institutional and technical innovations. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 6(2), 144-164.
- Biggs, S. D. (1990). A multiple source of innovation model of agricultural research and technology promotion. *World Development*, 18(11), 1481–1499. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(90\)90038-Y](https://doi.org/10.1016/0305-750X(90)90038-Y)
- Borremans, L., Marchand, F., Visser, M., & Wauters, E. (2018). Nurturing agroforestry systems in Flanders: Analysis from an agricultural innovation systems perspective. *Agricultural Systems*, 162(January), 205–219. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.004>
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). One the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1, 93–118.
- Chaminade, C., & Vang, J. (2008). Globalisation of knowledge production and regional innovation policy: Supporting specialized hubs in the Bangalore software industry. *Research Policy*, 37(10), 1684–1696. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.08.014>
- Christensen, C. M., Ojomo, E., & Dillon, K. (2019). *La paradoja de la prosperidad: Cómo la innovación puede sacar a las naciones de la pobreza* (Primera). HarperCollins México, S.A. de C.V.
- Clarke, E., Jackson, T. M., Keoka, K., Phimpachanvongsod, V., Sengxua, P., Simali, P., & Wade, L. J. (2018). Insights into adoption of farming practices through multiple lenses: an innovation systems approach. *Development in Practice*, 28(8), 983–998. <https://doi.org/10.1080/09614524.2018.1504890>

- Coenen, L., & Díaz López, F. J. (2010). Comparing systems approaches to innovation and technological change for sustainable and competitive economies: an explorative study into conceptual commonalities, differences and complementarities. *Journal of Cleaner Production*, 18(12), 1149–1160. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.04.003>
- Corona Treviño, L. (1999). *Enfoques económicos de la tecnología. Problemas y perspectivas* (J. C. Villa Soto (ed.)). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Darnhofer, I. (2015). Socio-technical transitions in farming . Key concepts. In L.-A. Sutherland, I. Danhofer, G. A. Wilson, & L. Zagata (Eds.), *Transition Pathways Towards Sustainability in Agriculture Case Studies from Europe* (pp. 17–31). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9781780642192.0017>
- Edquist, C. (1997). Systems of Innovation Approaches-Their Emergence and Characteristics. In C. Edquist (Ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations* (pp. 1–29). Routledge Taylor & Francis Group. [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(98\)90244-8](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(98)90244-8)
- Freeman, C. (1995). The “National System of Innovation” in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5–24.
- Geels, F. W. (2005). Processes and patterns in transitions and system innovations: Refining the co-evolutionary multi-level perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 72(6 SPEC. ISS.), 681–696. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.08.014>
- Geels, Frank W. (2011). The multi-nivel perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1, 24–40. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>
- Gereffi, G., Humphrey, J., & Sturgeon, T. (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, 12(1), 78–104. <https://doi.org/10.1080/09692290500049805>
- Gibbon, P., Bair, J., & Ponte, S. (2008). Governing global value chains: an introduction. *Economy and Society*, 37(3), 315–338. <https://doi.org/10.1080/03085140802172656>
- Gonsalves, J. F. (2001). Going to scale: What we have garnered from recent workshops. *LEISA*, 17(3), 6–10.
- Hall, Andrew, Bockett, G., Taylor, S., Sivamohan, M. V. K., & Clark, N. (2001). Why Research Partnership Really Matter: Innovation Theory, Institutional Arrangements and Implications for Developing New Technology for the Poor. *World Development*, 29(5), 783–797. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00004-3)
- Hall, Andrew, Sulaiman, V. . R., Clark, N., & Yoganand, B. (2003). From measuring impact to learning institutional lessons: an innovation systems perspective on improving the management of international agricultural research. *Agricultural Systems*, 78, 213–241.

[https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00127-6](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00127-6)

- Hall, Andy. (2006). Public private sector partnerships in an agricultural system of innovation: concepts and challenges. In *MERIT Working Papers*.
- Hall, Andy. (2007a). *Challenges to Strengthening Agricultural Innovation Systems: Where Do We Go From Here?* <http://www.merit.unu.edu/publications/wppdf/2007/wp2007-038.pdf>
- Hall, Andy. (2007b). *The origins and implications of using innovation systems perspectives in the design and implementation of agricultural research projects: Some personal*.
- Hall, Andy, Mytelka, L., & Oyeyinka, B. (2005). *Innovation systems: Implications for agricultural policy and practice* (pp. 1–4).
- Hartwich, F., & Kormawa, P. (2009). Value Chain Diagnostics for Industrial Development: Building blocks for a holistic and rapid analytical tool. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Heijs, J., & Buesa, M. (2016). *Manual de economía de innovación. TOMO I Teoría del cambio tecnológico y sistemas nacionales de innovación*. Instituto de Análisis Industrial y Financiero/Universidad Complutense Madrid. <https://www.ucm.es/iaif/informacion-sobre-el-instituto-industrial-financiero>
- Hekkert, M., Heimeriks, G., & Harmsen, R. (2011). *Technological Innovation System Analysis: A manual for analysts* (p. 15). Utrecht University.
- Hekkert, M.P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Hekkert, Marko P., & Negro, S. O. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting & Social Change*, 76, 584–594. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.04.013>
- Hermans, F., Geerling-Eiff, F., Potters, J., & Klerkx, L. (2019). Public-private partnerships as systemic agricultural innovation policy instruments – Assessing their contribution to innovation system function dynamics. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 88(October), 76–95. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.10.001>
- Hounkonnou, D., Kossou, D., Kuyper, T. W., Leeuwis, C., Nederlof, E. S., Röling, N., Sakyi-Dawson, O., Traoré, M., & van Huis, A. (2012). An innovation systems approach to institutional change: Smallholder development in West Africa. *Agricultural Systems*, 108, 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2012.01.007>
- Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy*, 35, 715–728. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.03.005>

- Humphrey, John and Memedovic, O. (2006). Global value chains in the agrifood sector. *Oecd*, 53. http://www.unido.org/fileadmin/import/60026_01_global_value_chains_agrifood_sector.pdf
- IICA. (2011). *La innovación para el logro de una agricultura competitiva, sustentable e inclusiva* (Vol. 574, Issue 11).
- IICA. (2014). *La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible*.
- International Institute of Rural Reconstruction. (2000). *Going to scale: Can we bring more benefits to more people more quickly?* (p. 33).
- Jasso, J. (2004). Relevancia de la innovación y las redes institucionales. *Aportes*, VIII(25), 5–18.
- Kaplinsky, R., & Morris, M. (2001). A handbook for value chain research.
- Katz, J. (2006). Cambio estructural y capacidad tecnológica local. *Revista de Cepal*, 89, 59–73.
- Kebebe, E. (2019). Bridging technology adoption gaps in livestock sector in Ethiopia: A innovation system perspective. *Technology in Society*, 57, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.12.002>
- Kilelu, C. W., Klerkx, L., Leeuwis, C., & 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*, 7(1), 84–108. <https://doi.org/10.1080/19474199.2011.593859>
- Klerkx, L., Hall, A., & Leeuwis, C. (2009). Strengthening agricultural innovation capacity: are innovation brokers the answer? *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 8(5/6), 409. <https://doi.org/10.1504/ijarge.2009.032643>
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(6), 849–860. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.10.001>
- Klerkx, L., Schut, M., Leeuwis, C., & Kilelu, C. (2012). Advances in Knowledge Brokering in the Agricultural Sector: Towards Innovation System Facilitation. *IDS Bulletin*, 43(5), 53–60.
- Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: Concepts, analysis and interventions. In I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Eds.), *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic* (Issue January, pp. 431–455). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2>
- Lamprinopoulou, C., Renwick, A., Klerkx, L., Hermans, F., & Roep, D. (2014). Application of an integrated systemic framework for analysing agricultural

- innovation systems and informing innovation policies: Comparing the Dutch and Scottish agrifood sectors. *Agricultural Systems*, 129, 40–54. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.001>
- Leeuwis, C., Smits, R., Grin, J., Klerkx, L., van Mierlo, B., & Kuipers, A. (2006). *The Design of an Innovation- Enhancing Environment* (No. 4).
- Lema, R., Rabellotti, R., & Gehl Sampath, P. (2018). Innovation Trajectories in Developing Countries: Co-evolution of Global Value Chains and Innovation Systems. *The European Journal of Development Research*, 30(3), 345–363. <https://doi.org/10.1057/s41287-018-0149-0>
- Low, J. W., & Thiele, G. (2020). Understanding innovation: The development and scaling of orange-fleshed sweetpotato in major African food systems. *Agricultural Systems*, 179, 102770. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102770>
- Lundvall, B.-Å., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, 31, 213–231. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00137-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00137-8)
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31, 247–264. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00139-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00139-1)
- Markard, J., & Truffer, B. (2008). Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. *Research Policy*, 37(4), 596–615. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.01.004>
- Maru, Y. T. (2018). Summary: Critical reflection on and learning from Agricultural Innovation Systems (AIS) approaches and emerging Agricultural Research for Development (AR4D) practice. *Agricultural Systems*, 165, 354–356. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.07.012>
- Meijer, I. S. M., Hekkert, M. P., & Koppenjan, J. F. M. (2007). The influence of perceived uncertainty on entrepreneurial action in emerging renewable energy technology; biomass gasification projects in the Netherlands. *Energy Policy*, 35(11), 5836–5854. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.07.009>
- Morrison, A., Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (2008). Global Value Chains and Technological Capabilities: A Framework to Study Learning and Innovation in Developing Countries. *Oxford Development Studies*, 36(1), 39–58. <https://doi.org/10.1080/13600810701848144>
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). An evolutionary theory of economic change. In *Cambridge MA Belknap* (Vol. 93, Issue 2). <https://doi.org/10.2307/2232409>
- Norton, R. (2014). Agricultural value chains: A game changer for small holders. <https://www.devex.com/news/agricultural-value-chains-a-game-changer-for-small-holders-83981>
- O’Sullivan, D., & Dooley, L. (2009). Applying Innovation. In *Applying Innovation*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781452274898>

- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation* (4ta ed.). OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- ONU-CEPAL. (1989). *Reestructuración industrial y cambio tecnológico: Consecuencias para América Latina*.
- Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (2011). Global Value Chains Meet Innovation Systems: Are There Learning Opportunities for Developing Countries? *World Development*, 39(7), 1261–1269. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.05.013>
- Rajalahti, R., Janssen, W., & Pehu, E. (2008). Agricultural Innovation Systems : From Diagnostics toward Operational Practices Systems. In *Agriculture and Rural Development*. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Agricultura+Innovation+Systems:+From+Diagnostics+toward+Operational+Practices+Systems#0>
- Reinert, E. S., & Riiser, V. (1994). *Recent trends in economic theory-implications for development geography* (Issue 12).
- Roling, N. (2009). Pathways for impact: scientists' different perspectives on agricultural innovation. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(2), 83–94. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0043>
- Sastre Fernández, J. (2014). Economía neo-schumpeteriana, innovación y política tecnológica. *Cuadernos de Economía*, 38, 79–89.
- Smits, R. (2002). Innovation studies in the 21st century: Questions from a user's perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 69(9), 861–883. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(01\)00181-0](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(01)00181-0)
- Sumberg, J. (2005). Systems of innovation theory and the changing architecture of agricultural research in Africa. *Food Policy*, 30, 21–41. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2004.11.001>
- Suurs, R. A. . (2009). *Motors of Sustainable Innovation-Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems*. Utrecht University.
- Triomphe, B., Floquet, A., Kamau, G., Letty, B., Davo Vodouhe, S., N'gan'ga, T., & Hocdé, H. (2012). What does an inventory of recent innovation experiences tell us about agricultural innovation in Africa? *10th European IFSA Symposium*, 10.
- Turriago Hoyos, Á. (2014). *Innovación y cambio tecnológico en la sociedad del conocimiento* (2da ed.). Universidad de la Sabana: Ecoe Ediciones.
- Velho, L. (2002). North-South collaboration and systems of innovation. *International Journal of Technology Management & Sustainable Development*, 1(3), 171–181.
- Weber, K. M., & Rohracher, H. (2012). Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from

- innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive “failures” framework. *Research Policy*, 41(6), 1037–1047. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.015>
- Wesche, J. P., Negro, S. O., Dütschke, E., Raven, R. P. J. M., & Hekkert, M. P. (2019). Configurational innovation systems – Explaining the slow German heat transition. *Energy Research & Social Science*, 52, 99–113. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.12.015>
- Wieczorek, A. J., & Hekkert, M. P. (2012). Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39, 74–87. <https://doi.org/10.1093/scipol/scr008>
- Woltering, L., Fehlenberg, K., Gerard, B., Ubels, J., & Cooley, L. (2019). Scaling – from “reaching many” to sustainable systems change at scale: A critical shift in mindset. *Agricultural Systems*, 176, 102652. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102652>
- Woolthuis Klein, R., Lankhuizen, M., & Gilsing, V. (2005). A system failure framework for innovation policy design. *Technovation*, 25, 609–619. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2003.11.002>
- Yoguel, G., Barletta, F., & Pereira, M. (2013). De Schumpeter a los postchumpeterianos: viejas y nuevas dimensiones analíticas. *Revista de Problemas Del Desarrollo*, 174(44), 35–60.

CAPÍTULO 3 TRAYECTORIA DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN DEL CULTIVO DE GIRASOL EN MÉXICO, 1965-2018*

Resumen

Se explica la evolución del cultivo de girasol en México en el marco de las transiciones agroalimentarias globales respecto del consumo de grasas. Se utilizó el enfoque de sistema de innovación (SI) para estudiar un cultivo emergente en el contexto del padrón tradicional de cultivos de la agricultura nacional. La información se obtuvo de publicaciones y datos estadísticos publicados en el periodo de 1965-2018 y de entrevistas semiestructuradas con actores clave. La información recabada se ordenó cronológicamente, identificando actores y eventos relevantes que han afectado la trayectoria del cultivo y la configuración del SI. Los resultados muestran que la introducción de girasol respondió a la demanda de aceite y grasas vegetales como una alternativa viable para los agricultores y la industria alimentaria. No obstante, su desarrollo como cultivo comercial depende de su competitividad frente otras oleaginosas, las cuales son altamente valoradas en la industria por el rendimiento y calidad de sus pastas para consumo animal. Sin embargo, el mejoramiento genético del girasol ha derivado en nuevos genotipos a partir de los cuales se obtienen aceites con propiedades deseables para la salud humana. Esto abre una nueva posibilidad de expansión del cultivo.

Palabras clave: Sistema de innovación agrícola, Trayectoria tecnológica, Cadenas agroalimentarias, Agroindustria.

Abstract

The evolution of sunflower cultivation in Mexico in the context of global agri-food transitions with respect to fat consumption is explained. The innovation system (IS) approach was used to study an emerging crop in the context of the traditional national food production patterns. The information was collected from publications and statistical data published between 1965-2018 and from semi-structured interviews with key actors. The information collected was ordered chronologically, identifying relevant actors and events that have affected the trajectory of sunflower cultivation and the IS configuration. The results show that the introduction of sunflower in Mexico responded to the demand for vegetable oil and fats as a viable alternative for farmers and the agri-food industry. However, its development as a commercial crop depends on its competitiveness vis-à-vis other oilseeds, which are highly valued in the industry for the yield and quality of their oilseed cakes for animal feed. Nevertheless, the genetic improvement of sunflower has resulted in new genotypes from which oils with desirable properties for human health are obtained. This opens a new possibility of sunflower crop expansion.

Keywords: Agricultural innovation system, Technological trajectory, Agri-food chains, Agro-industry.

* Artículo aceptado en la revista Historia Agraria

3.1 Introducción

Los resultados de las investigaciones y la rapidez con la que surgen nuevos conocimientos sobre los efectos de las grasas en la nutrición humana tienen consecuencias trascendentales para los consumidores, los responsables del cuidado de la salud, los agricultores y la industria agroalimentaria.

De este modo, un caso importante de cambio en el sistema alimentario mundial lo constituye el crecimiento en la oferta y la demanda de aceites y grasas vegetales de bajo costo. Su uso comestible fue impulsado por problemas de salud relacionados con el consumo de grasas animales (Downs et al., 2013; Monge-Rojas et al., 2011; World Health Organization, 2018) y por los avances tecnológicos en el procesamiento de aceites vegetales (Shields, 2010; Veit, 2019).

Esta transición en el consumo de grasas con relación al remplazo de las grasas de origen animal por las grasas de origen vegetal, ocurrida a mediados del siglo XX, ha tenido implicaciones en el desarrollo agrícola de los países, pues varias oleaginosas fueron incorporadas al patrón tradicional de cultivos para abastecer la demanda creciente de aceite vegetal; tal es el caso de México.

En México el uso creciente de aceites y mantecas (vegetales y mixtas) en la alimentación comenzó en la década de 1940 (Arroyo, 1989; INEGI et al., 1988). De manera que, a partir de 1960, la producción de oleaginosas cobró especial importancia debido a la incorporación de soya y cártamo al patrón de cultivos de la agricultura nacional (Flores et al., 1986; Sánchez, 1993). No obstante, a pesar del incremento de la producción doméstica de soya y cártamo, se empezó a recurrir a la importación de semillas oleaginosas y aceite crudo vegetal.

En consecuencia, el girasol se vislumbró como una opción para enfrentar la escasez de aceite vegetal (Gallegos & de Elizondo, 1972). Su incorporación al patrón de cultivos de la agricultura nacional se inició en la década de 1970 a través de intervenciones gubernamentales (Ortegón, 1980). A pesar de esto, el

girasol no logró integrarse como un cultivo comercial más amplio y mantuvo una superficie marginal e intermitente. En las últimas dos décadas, por razones relacionadas con el efecto de las grasas trans en la salud, la industria alimentaria ha manifestado interés en la producción nacional de girasol alto oleico para la obtención de aceite, debido a sus cualidades nutricionales y funcionales.

La trayectoria que ha seguido el girasol en México se puede ilustrar en varios escenarios de comportamiento, cuyo análisis aporta evidencia sobre su desarrollo como tecnología, determinado por las particularidades de la industria aceitera y circunscrito a los procesos de transición agroalimentaria global. Por tanto, el objetivo de este documento es comprender la evolución del cultivo de girasol en México en el marco de las transiciones agroalimentarias globales respecto del consumo de grasas. Para tal fin, se utiliza como marco analítico el enfoque del sistema de innovación (SI); este enfoque es especialmente apropiado para analizar el cambio tecnológico, donde se expone que las tecnologías deben estar acompañadas por cambios organizativos, institucionales, de mercado y técnicos, integrados en una red de actores heterogéneos (Klerkx et al., 2012).

3.2 El sistema de innovación como marco analítico

El enfoque del sistema de innovación (SI) tiene su origen en la década de 1980, y se utiliza para explicar el éxito económico de países desarrollados con economías industrializadas y un sólido historial de innovación (Freeman, 2004; Lundvall, 2015). Desde inicios de este siglo, este enfoque se ha extendido en el sector agroalimentario como un marco adecuado para el análisis de la innovación (Banco Mundial, 2008; Hall et al., 2001), influenciado por las contribuciones de las variantes del SI y la evolución de otros enfoques sistémicos en los estudios de la innovación propios del sector (Klerkx et al., 2012).

Desde la perspectiva del SI se reconoce que la innovación tiene lugar a través de la interacción entre múltiples actores (Hall et al., 2005). Por tanto, su éxito se explica parcialmente por el grado en el que se reúnen actores con capacidades, información y recursos variados (Spielman et al., 2009) con el fin de generar, intercambiar y aplicar conocimiento. Los flujos de conocimiento que ocurren son multidireccionales y permiten desarrollar circuitos de retroalimentación que estimulan la construcción de competencias, el aprendizaje y la adaptación (Banco Mundial, 2008). Tanto el intercambio de conocimientos como el aprendizaje, procesos clave de la innovación, se ven influidos por los entornos socioeconómicos e institucionales, pues definen la manera en que los actores interactúan y se relacionan (Hall et al., 2001; Hall et al., 2005).

Un SI posee dos dimensiones: a) los límites del sistema; y b) el tiempo (Carlsson et al., 2002). Con relación a los límites, el sistema de innovación agrícola (SIA) se ha delineado considerando el sector completo de un país, por subsectores, por actividad productiva, incluyendo solo a los agricultores o analizando una trayectoria particular de cambio tecnológico (Clark et al., 2003; Lamprinopoulou et al., 2014; Ortiz et al., 2013).

Aunque el SIA puede definirse a diferentes niveles para su análisis, el más relevante es aquel que se orienta en niveles cada vez más específicos, configurados para atender problemas particulares (Anandajayasekeram & Gebremedhin, 2009). El análisis de un sistema de naturaleza más específica permite aproximarse mejor a la comprensión del contexto en el que las innovaciones se producen (Arocena & Sutz, 2003). En este sentido, la cadena de valor puede constituir el punto de partida más adecuado en la delineación del SIA (Anandajayasekeram & Gebremedhin, 2009). En cuanto a la dimensión tiempo, la fotografía instantánea de un SI en un momento determinado puede diferir sustancialmente de otra fotografía instantánea del mismo sistema en un momento diferente (Carlsson et al., 2002).

Así, un SIA está integrado por tres elementos que pueden variar en el tiempo: a) los componentes estructurales que incluyen a los actores, las redes y las

instituciones; b) las interacciones que ocurren a través de los actores e instituciones; y c) los atributos, definidos como las propiedades de los componentes y de las relaciones entre ellos (Carlsson et al., 2002), manifestadas en las funciones que se despliegan para apoyar los procesos de innovación (Hekkert et al., 2007).

Tradicionalmente, los trabajos sobre SI se han basado en la identificación de los componentes estructurales en un momento específico, predeterminando al sistema como una estructura preestablecida y estática, lo cual no explica cómo se produce un SI, ni si la estructura es adecuada o no. Alternativamente, atendiendo a la naturaleza dinámica de un SI, varios autores han desarrollado un marco de análisis más amplio basado en el mapeo de las funciones del SI (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007; Hekkert & Negro, 2009). La diferencia entre ambas visiones es que la estructura de un SI muestra a los actores en el sistema, mientras que el análisis de la dinámica del sistema muestra lo que se está haciendo y si esto es suficiente para desarrollar innovaciones exitosas (Hekkert et al., 2011).

La literatura científica identifica siete funciones esenciales (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007; Hekkert & Negro, 2009): F1) actividades empresariales, en el núcleo de cualquier SI están los empresarios, quienes realizan experimentos, buscando y explotando oportunidades de negocio; F2) desarrollo del conocimiento, involucra la investigación y creación de conocimientos, requisitos previos para la innovación; F3) difusión del conocimiento, se refiere al intercambio de conocimientos y aprendizajes a través de las redes; F4) orientación de la búsqueda, se refiere a las actividades que dan forma a las necesidades, requisitos y expectativas de los actores; F5) formación del mercado, las nuevas tecnologías a menudo no pueden superar a las establecidas, por tanto, es necesario facilitar la creación de mercados, donde las nuevas tecnologías puedan desarrollarse; F6) movilización de los recursos, en la realización de las actividades dentro del SI son necesarios recursos financieros, de capital y humanos; y F7) creación de legitimidad, para que una

tecnología se desarrolle y madure debe convertirse en parte del régimen existente e incluso tiene que derrocarlo, por tanto, los actores deben crear un *lobby* político que contrarreste esta inercia y respalde la nueva tecnología. Estas funciones interactúan entre sí, positiva o negativamente, para la construcción, mantenimiento y transformación de un SI.

En la Figura 4 se resumen los componentes del sistema, sus interacciones y el despliegue de las funciones, que son de naturaleza dinámica y varían con el tiempo. Esto muestra que el éxito de una innovación es dependiente de la trayectoria que sigue el SIA en términos de cómo se configura y funciona.

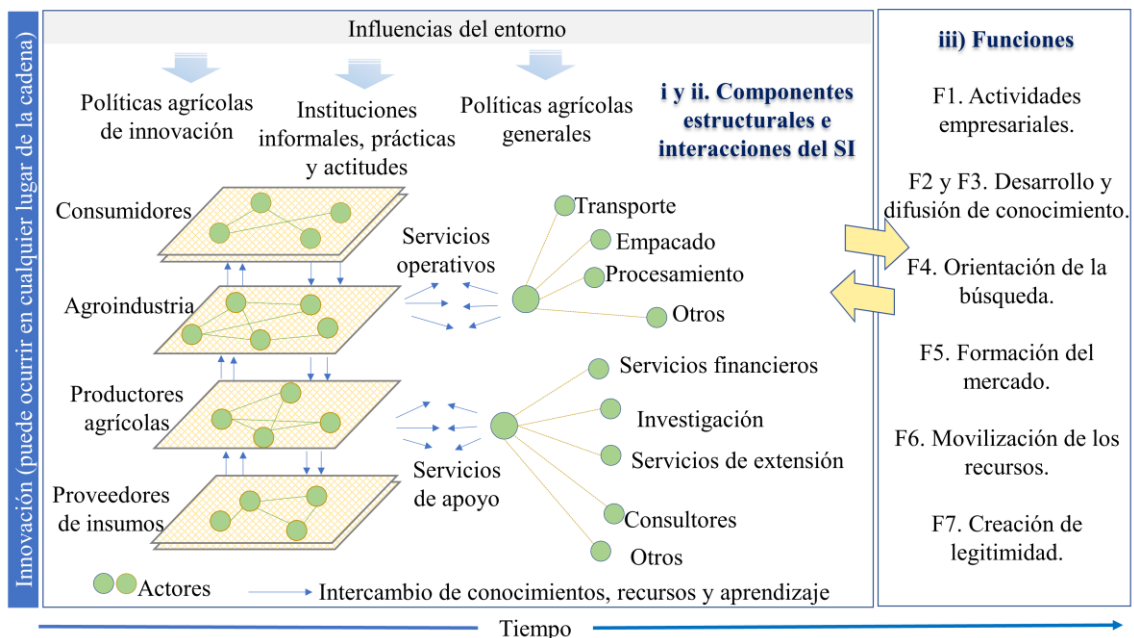


Figura 4. Marco conceptual para el análisis de un SIA.

Fuente: elaboración propia a partir de información documental.

3.3 Materiales y métodos

Para la integración y análisis de la información, se utilizó la técnica historial de eventos, aplicada en diversos estudios del SI, la cual consiste en la identificación, clasificación y análisis de eventos de acuerdo con las funciones del SI (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007; Hekkert & Negro, 2009). Un evento es la unidad elemental de análisis, y se refiere a sucesos internos y

externos que acontecen en un determinado momento, incluidos los actores involucrados. Un evento puede contribuir a las funciones del sistema positiva o negativamente.

Se utilizaron varias estrategias para la colecta de datos, lo cual permitió su comparación para garantizar su fiabilidad. Primero, se recopilaron 60 documentos en torno al cultivo de girasol, incluidos artículos, periódicos, libros, boletines, tesis, folletos, informes, documentos de sitios web, entre otros, publicados entre 1965 y 2018. En segundo lugar, se recabó información estadística de varias bases de datos (SIAMI, SIAP y FAOSTAT), obteniendo variables tales como: superficie sembrada, producción y regiones productoras, importaciones y exportaciones de semilla y aceite de girasol. En tercer lugar, se realizaron entrevistas semiestructuradas a 17 actores clave que incluyeron instituciones de investigación, asesores técnicos, agricultores, instituciones gubernamentales, entre otros; las entrevistas se basaron en una línea común de preguntas, complementadas con cuestionamientos específicos según el tipo de actor.

Las preguntas orientadoras para la recopilación de la información se adaptaron de los planteamientos del Banco Mundial (2008) y Matsuert et al. (2005), y fueron las siguientes: ¿cuándo comenzó el desarrollo del cultivo?, ¿qué factores dispararon su surgimiento?, ¿quiénes han sido los actores clave en el pasado y en el presente y cuáles son sus características?, ¿fueron estos disparadores de tipo técnico, político, de mercado u otros?, ¿cómo ha cambiado el sistema productivo girasol?, ¿hacia dónde se dirige ahora?

La información obtenida de las diferentes fuentes se sistematizó en orden cronológico, identificando eventos y actores involucrados relacionados con la trayectoria del cultivo de girasol. La identificación de los eventos se hizo de manera inductiva, utilizando como referencia el marco conceptual de las funciones del SI. Para resaltar la secuencia y relevancia de los eventos, la trayectoria del cultivo de girasol se dividió en tres etapas. El Cuadro 6 ofrece

una descripción de los tipos de eventos utilizados para operacionalizar las funciones del SI.

Cuadro 6. Tipos de eventos como indicadores de las funciones del SI.

Función	Tipos de eventos
F1. Actividades empresariales	❖ Participación en proyectos de innovación
	❖ Inversiones en una nueva tecnología
F2. Desarrollo del conocimiento	❖ Proyectos de investigación científica
	❖ Publicaciones científicas
F3. Difusión del conocimiento	❖ Actividades de difusión (talleres, cursos, capacitaciones)
	❖ Redes de información
F4. Orientación de la búsqueda	❖ Documentos de visión compartida
	❖ Acuerdos entre actores
	❖ Reclamaciones
F5. Formación de mercado	❖ Desgravaciones fiscales
	❖ Regulaciones que afectan directamente ciertos procesos de producción
F6. Movilización de recursos	❖ Subsidios
	❖ Inversiones públicas y privadas
F7. Creación de legitimidad	❖ Presión pública para resolver un problema

Fuente: elaboración propia a partir de Hekkert et al. (2007) y Hekkert y Negro (2009).

Los eventos, los actores involucrados y el momento de aparición se clasificaron en alguna de las siete funciones del SI, según correspondiera. Por la accesibilidad a la información, la agrupación de eventos en funciones se hizo principalmente en la última etapa. Adicionalmente, en la última etapa las funciones se agruparon en funciones débiles o fuertes; esto de acuerdo con el criterio del investigador y con validación de actores clave, considerando el alcance de los eventos incluidos.

Para la presentación de la información, se utilizaron líneas de tiempo destacando los eventos más relevantes y mediante narración se ilustró la secuencia de los eventos, resaltando las circunstancias que han posibilitado o impedido la configuración del SI girasol.

Por último, en la búsqueda y el análisis de la información referente a la tercera etapa del cultivo, el estado de Zacatecas destacó como un caso relevante en la producción de girasol alto oleico, ya que es el principal productor y desde la introducción del cultivo la producción ha mantenido un crecimiento sostenido. Por ello, se decidió analizar la trayectoria particular de la oleaginosa en ese estado.

3.4 Resultados

3.4.1 Dinámica histórica del cultivo de girasol en México

La industria aceitera en México inició en 1890 con el aprovechamiento de las semillas de algodón, subproducto de la industria textil, que hasta ese entonces se quemaba (Flores et al., 1986; Sánchez, 1993). La incursión en esta industria se relaciona con los avances que los EE.UU. generaron referente al aprovechamiento de la semilla para la extracción de aceite (Veit, 2019), los cuales fueron transferidos a México (Sánchez, 1993).

A medida que el procesamiento del aceite de algodón mejoró en los EE.UU., este producto llegó a ser de uso comestible (Veit, 2019). No obstante, en el caso de México su uso fue limitado por considerarse como un producto inferior a la manteca de cerdo y a la mantequilla, productos tradicionalmente importados. Por tanto, el aceite de algodón y otros que le siguieron (el ajonjolí, el cacahuate y la copra) se utilizaron para la fabricación de jabones y pastas oleaginosas para exportación (Flores et al., 1986).

Mientras tanto, los EE.UU. continuaron experimentando con el aceite de algodón. A finales del siglo XIX desarrollaron mezclas de grasas de cocina mixtas, hechas principalmente de aceite de algodón y solidificadas con grasa de res. Pronto se utilizó el proceso de hidrogenación mediante el cual este aceite

se transformó en una grasa sólida parecida a la manteca de cerdo, comercializada a partir de 1911 (Shields, 2010; Veit, 2019). Este hecho marcó el inicio de los aceites vegetales hidrogenados en la alimentación.

Por otra parte, en México a partir de 1940 se aceleró notablemente el ritmo de crecimiento de la población y se incrementó la urbanización, procesos que en su conjunto condujeron al cambio de hábitos alimentarios (Arroyo, 1989; INEGI et al., 1988). Así, productos de gran sustituibilidad como la manteca de cerdo, base de la cocina rural, fueron reemplazados paulatinamente por los aceites vegetales en las grandes ciudades (Flores et al., 1986; Reig, 1985). Entre 1950 y 1955 la preferencia por el aceite vegetal se incrementó considerablemente (Sánchez, 1993), situación asociada a la elevación de los precios de la manteca de cerdo, pues los aceites y grasas vegetales se cotizaron a precios menores (Bancomext, 1955).

Al inicio las principales fuentes de aceites vegetales hidrogenados en México eran la margarina y la manteca, utilizados en los hogares para untar o como ingredientes. Paulatinamente los aceites vegetales líquidos se colocaron en la canasta básica compitiendo con las mantecas (vegetal y mixta). Además, se transitó a una segunda etapa, donde los aceites vegetales hidrogenados se utilizaron ampliamente en los productos alimenticios ultraprocesados.

En 1959 inició la crisis del cultivo del algodón en México debido a cambios en el mercado internacional de la fibra de algodón por la competencia de las fibras sintéticas y a problemas internos relacionados con su producción (Sánchez, 1993). Esta situación coincidió con la introducción y expansión de otros cultivos oleaginosos, como la soya y el cártamo (Flores et al., 1986).

Así, a inicios de 1960 la producción de oleaginosas cobró especial importancia debido a la incorporación de la soya y el cártamo al patrón de cultivos de la agricultura nacional (Arroyo, 1989; INEGI et al., 1988; Sánchez & Gómez, 1992).

La expansión de la soya y el cártamo se debió al crecimiento de la ganadería extensiva, que incluyó la incorporación de la soya, el cártamo y el sorgo para la elaboración de alimentos balanceados, esto como parte de la incorporación de un paquete transnacional impulsado por los EE.UU. (Sánchez & Gómez, 1992; Sánchez, 1993). Dicha situación conllevó a valorizar estos cultivos también por su contenido de aceite. Paralelamente, se continuó con la sustitución de la manteca de cerdo por el aceite vegetal (Flores et al., 1986; Reig, 1985).

Aunado a los elementos de crecimiento de la población y la urbanización, en la década de 1960 se desarrollaron campañas de salud pública orientadas a disminuir el uso de grasas animales. En consecuencia, la industria alimentaria comenzó a utilizar cantidades sustanciales de aceites vegetales parcialmente hidrogenados en los alimentos procesados (industrias de la panificación, galletera, repostería y confitería, botanas y frituras).

A pesar del incremento de la producción de soya y cártamo, este no fue suficiente para atender a la demanda doméstica; en 1968 se comenzó a recurrir a la importación de aceites, semillas oleaginosas y sebos, marcándose así el fin de la autosuficiencia en México en el abasto de aceites y grasas comestibles. El girasol, ubicado en ese entonces en el segundo lugar entre las oleaginosas producidas en el mundo, se visualizó como una alternativa prometedora para enfrentar la escasez de aceite vegetal (Gallegos & de Elizondo, 1972), debido tanto a su rendimiento industrial de aceite crudo⁶ y pasta, como a su alta tolerancia a las sequías y a las bajas temperaturas, condiciones prevalecientes en las zonas de temporal (INEGI et al., 1988). En consecuencia, se empezaron a gestar acciones para su introducción en México de manera más amplia.

Además de integrar al girasol en el patrón de cultivos nacional con la finalidad de obtener aceite, esta oleaginosa también se valorizó como una oportunidad más remunerativa que el maíz y el frijol para los agricultores, con potencial en regiones áridas y semiáridas (Amador, 1969; Fucickovski Zak, 1976; Robles,

⁶ Su contenido de aceite es 40%, mayor que el de soya (18%) (Kleingartner, 2002).

1980); lo anterior debido a su capacidad para tolerar períodos cortos de estrés hídrico.

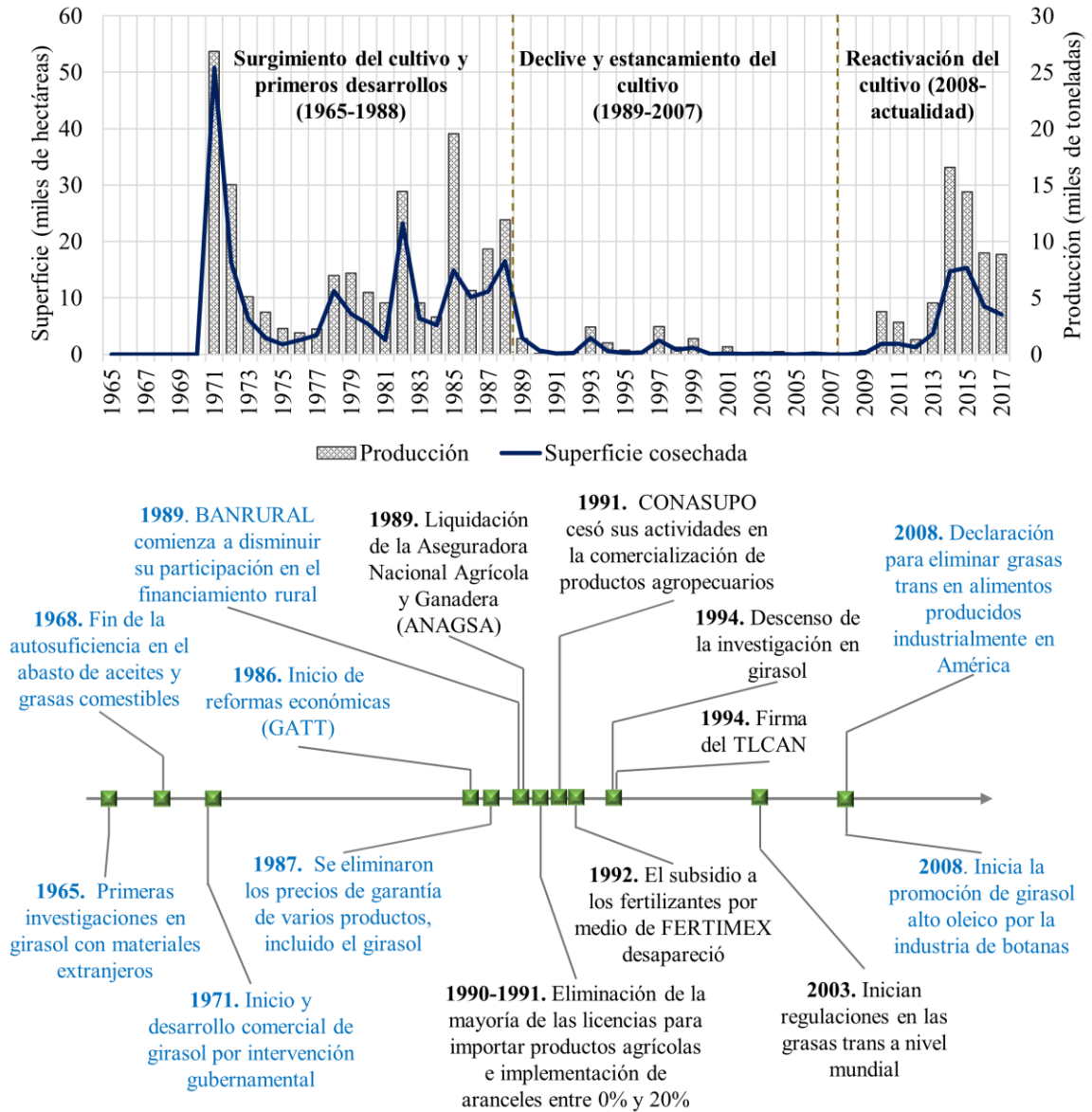


Figura 5. Evolución de la producción de girasol e hitos históricos en México, 1965-2018.

Fuente: elaboración propia a partir de información de SIAP (2018) y fuentes documentales.

En general, el girasol es un cultivo con adaptación a condiciones agroecológicas variadas, pues puede cultivarse desde áreas cercanas al nivel del mar hasta poco más de 2500 msnm de altura en condiciones de riego, humedad residual o temporal (INIFAP, 2004); por ello, su fomento se dio, tanto en regiones áridas y semiáridas (Zacatecas, Nuevo León, Coahuila, Durango, San Luis Potosí, Tamaulipas, entre otros) como en regiones subhúmedas (Valle de México, Morelos, Puebla, Hidalgo, entre otros) (Amador, 1969).

Se identifican tres etapas en la evolución del cultivo girasol en México (Figura 5).

3.4.1.1 Surgimiento del cultivo y primeros desarrollos (1965-1988)

En el año 1965 se iniciaron las primeras investigaciones en girasol, concentradas principalmente en: a) pruebas de adaptación y rendimiento de materiales vegetales importados; b) desarrollo de programas de mejoramiento genético dirigido a la obtención de híbridos y variedades nacionales; y c) aspectos relacionados con el manejo del cultivo. En estas actividades estuvieron implicados principalmente el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)⁷ y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITSEM) (Fucickovski, 1976; Gallegos, 1970; Ortegón, 1980; Robles, 1980).

El proceso para integrar al girasol al patrón de cultivos nacional contó con el apoyo de la Cámara Nacional de la Industria de Aceites, Grasas y Jabones, que en 1968 se interesó en los trabajos y resultados obtenidos por el INIA y propuso la elaboración de un programa de trabajo para incrementar las investigaciones y promover el cultivo (Amador, 1969).

Aunque se sabe que las colonias menonitas y otros agricultores ya cultivaban el girasol en pequeñas superficies para fines de autoconsumo en algunas regiones del país como Chihuahua, Coahuila, Zacatecas y San Luis Potosí, es hasta el año 1969 cuando se inician las primeras siembras a nivel comercial en

⁷ Ahora el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

los estados de Puebla, Guanajuato, Morelos y Zacatecas (Ortegón, 1980). En 1971 la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG)⁸ decidió impulsar el girasol como cultivo de temporal (Ortegón, 1980; Pascalis, 1980). La superficie establecida fue de 50,776 hectáreas, distribuidas principalmente en Durango (20,122 ha), Guanajuato (15.985 ha), Zacatecas (10,000 ha) y Puebla (3,000) (de la Torre, 1980). La producción de girasol se desarrolló utilizando variedades extranjeras, pues aún no se tenían variedades nacionales disponibles⁹.

Estas intervenciones y las que siguieron involucraron a varios actores. Entre éstos se incluye la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), productores de cultivos básicos, INIA, ITSEM, universidades, asesores técnicos, una aseguradora agrícola, la Productora Nacional de Semillas (Pronase), el Banco Nacional de Crédito Agrícola (Banagrícola), el Banco Nacional de Crédito Ejidal (Banjidal), la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (Conasupo) y la industria aceitera. La participación de estos actores estuvo definida por una política de fomento realizada esencialmente por el Gobierno a través de empresas públicas que proporcionaban créditos sin exigencia de garantías prendarias, seguro agrícola para producir, agroinsumos subsidiados y un canal gubernamental de comercialización basado en los precios de garantía.

Si bien con las acciones promovidas se logró establecer una extensa superficie con girasol, los resultados obtenidos fueron poco prometedores al obtenerse un rendimiento promedio de 528 kg/ha, por lo que gran parte de los agricultores dejaron de sembrar en los ciclos siguientes (Pascalis, 1980). Entre los factores que afectaron negativamente esta primera promoción de girasol se incluye: a) desconocimiento y baja disponibilidad de maquinaria para la siembra y cosecha; b) escasa experiencia en el manejo agronómico del cultivo; c) baja precipitación pluvial e irregular distribución; d) limitado manejo de plagas, particularmente de la palomilla de la cabeza (*Homoeosoma electellum* [Hulst]); e) establecimiento

⁸ Equivalente al Ministerio de Agricultura, y ahora denominada Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

⁹ La primera variedad desarrollada fue Tecmon 1 obtenida en 1980 por el ITESM, seguida por la variedad Victoria obtenida en 1983 por el INIFAP, ambas para la producción de aceite (Ortegón & Escobedo, 1987a, 1987b).

de siembras a destiempo; y f) insuficiente experimentación de las variedades sembradas (ASERCA, 1994; Ortegón, 1980; Robles, 1980).

A pesar de las circunstancias señaladas en esta primera intervención, el Estado continuó promoviendo al cultivo de girasol entre los agricultores (Ortegón, 1980). Además, las instituciones de investigación públicas siguieron desarrollando conocimientos científicos y técnicos referentes al manejo del cultivo y a la obtención de materiales vegetales locales. De este modo, el girasol logró mantenerse activo por dos décadas (1971-1988). No obstante, la producción fue insuficiente para satisfacer la demanda de aceite de girasol de la industria y fue cubierta principalmente por las importaciones (Figura 6).

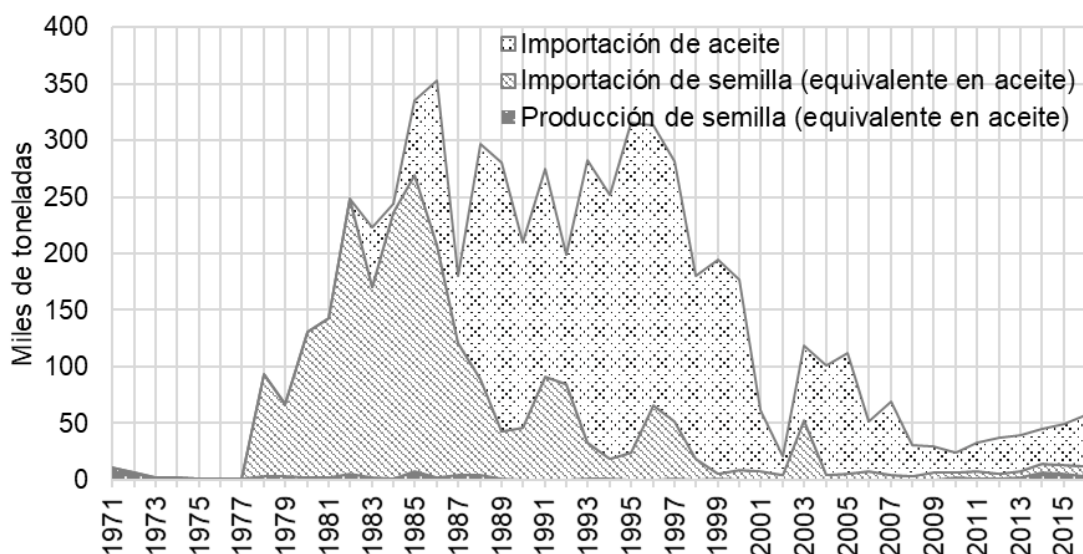


Figura 6. Requerimientos de aceite de girasol en México¹⁰.

Fuente: elaboración propia a partir de información de la FAOSTAT (2018).

Si se consideran los tipos de eventos como indicadores de las funciones del SI (Cuadro 6), se puede resumir que el movimiento de fondo que generó un nicho de mercado para la producción de girasol y otras oleaginosas fue la transición de las grasas animales a las vegetales por razones de salud y la insuficiente

¹⁰ Se incluyen las importaciones de semilla y aceite, así como la producción nacional de semilla.

oferta para responder a la demanda creciente de aceites vegetales [F5], donde el girasol se vislumbró como una alternativa por su alto contenido de aceite y su tolerancia a la sequía [F4]. Esta actividad productiva inició con el desarrollo de investigación [F2], cuyos resultados generaron expectativas del girasol como una opción para disminuir las importaciones de oleaginosas [F4]; posteriormente el Gobierno a través de varios actores movilizó recursos de distintos tipos para su producción en diferentes estados bajo un esquema de incentivos públicos [F6 y F3], aunado al interés que mostró la industria aceitera [F1].

3.4.1.2 Declive y estancamiento del cultivo (1989-2007)

Aunque la producción de girasol se sostuvo por varios años, hacia finales de la década de 1980 el declive del subsector figuró rápidamente cuando la superficie cultivada disminuyó abruptamente sin ningún crecimiento importante en los años posteriores. Esto a pesar de que la demanda de aceite y semilla de girasol para la industria continuó creciendo hasta mediados de 1990 (Figura 6).

Este estancamiento del cultivo se explica por un conjunto de factores, tales como: a) problemas técnicos en el cultivo; b) el arraigo de los productores a otros cultivos y el riesgo que supuso la inversión en un nuevo cultivo por el escaso conocimiento agronómico acumulado; c) el retraso tecnológico referente a la maquinaria agrícola para su siembra y cosecha; d) la dependencia de la institucionalidad gubernamental para producir y posteriormente vender la semilla; y e) la oportunidad de importar aceite o semilla de girasol. Por su impacto, se explican a mayor detalle los últimos dos factores.

A inicios de 1990 se implementaron varias reformas liberales, destacando: a) el inicio de reformas económicas (la entrada de México al Acuerdo General de Aranceles y Comercio y posteriormente la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte) con lo cual se liberó el comercio exterior de varios bienes agrícolas; y b) la intensificación de reformas estructurales agrícolas que incluyó la privatización o liquidación de empresas públicas de

transformación y comercialización, y la eliminación de los subsidios a la producción [-F4 y -F5].

En este contexto, el girasol quedó en una posición competitiva frágil, pues implicó la desaparición del canal gubernamental de comercialización a través de Conasupo y la eliminación de subsidios a la producción. Además, la liberación del comercio interno posibilitó un fuerte flujo de importaciones de oleaginosas (aceite crudo y semillas) en condiciones más competitivas, esto a pesar de tener suficiente infraestructura tecnológica para el procesamiento de semillas.

Por otra parte, la industria aceitera en México se ha caracterizado por procesar diferentes semillas oleaginosas, pues los sistemas tecnológicos utilizados en la producción de aceite permiten el procesamiento de diferentes semillas en condiciones sustituibles (Arroyo, 1989). Además, los aceites pueden usarse alternativamente en aplicaciones similares. Esto origina la presencia de muchos sustitutos cercanos, elegibles de acuerdo con el precio, disponibilidad de suministros, funcionalidad y valor industrial [-F7].

A diferencia del girasol, la soya se posicionó en términos de superficie y demanda, explicado por la preferencia de esta oleaginosa en la industria aceitera, pues la pasta que se produce luego de la extracción del aceite es de gran valor en la elaboración de alimentos balanceados.

Todas las circunstancias señaladas finalmente provocaron que el cultivo de girasol no pudiera integrarse de manera sostenible a la cadena de valor de las oleaginosas. Su importancia como cultivo alternativo se desvaneció, lo cual también se manifestó en la pérdida de protagonismo de las instituciones de investigación en la generación y desarrollo de conocimiento [-F1 y -F2], pues los documentos de divulgación científicos-tecnológicos sobre el cultivo de girasol fueron disminuyendo paulatinamente (Figura 7).

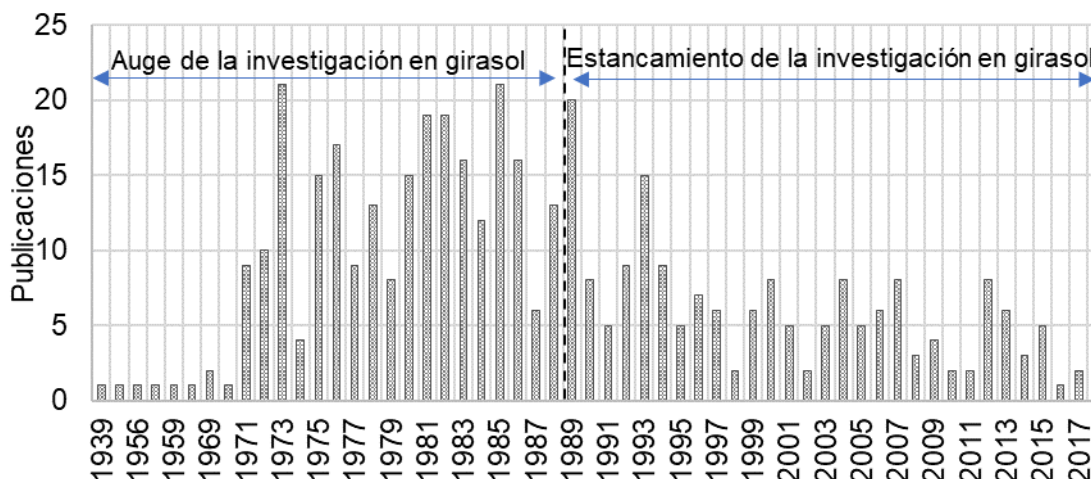


Figura 7. Evolución de las publicaciones referentes a la investigación en el cultivo de girasol.

Fuente: elaboración propia a partir de información de repositorios digitales (ITSEM, UACH, UAAAN, UNAM, COLPOS)¹¹.

Finalmente, a mediados de la década de 1990 los requerimientos nacionales de aceite y semilla de girasol, integrados principalmente por las importaciones y en menor medida por la producción nacional, empezaron a disminuir rápidamente, lo cual detuvo aún más el ya limitado crecimiento de la producción. En este panorama otra oleaginosa se incorporó a la estructura de procesamiento de la industria aceitera, el aceite de canola¹², el cual empezó a ganar participación en la producción de aceites vegetales. En 2007 este aceite alcanzó una participación del 43% en la producción nacional de aceites vegetales, seguido por la soya con 30% [-F5]. La preferencia de la canola al igual que la soya se relaciona con su valor industrial en la elaboración de alimentos balanceados.

Dado que el girasol no se integró como un cultivo comercial, México ha sido tradicionalmente un importador neto de aceite y semilla de esta oleaginosa.

¹¹ ITSEM (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey); UACH (Universidad Autónoma Chapingo); UAAAN (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro); UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México); COLPOS (Colegio de Postgraduados).

¹² El cultivo de canola también se ha tratado de incorporar al patrón de cultivos nacional con escasos resultados, por lo que la industria aceitera cubre sus necesidades principalmente con importaciones de semilla y aceite crudo.

3.4.1.3 Reactivación (2008-actualidad)

Después del estancamiento del girasol como cultivo comercial, en 2008 se recuperó el interés en su producción y se entró a una nueva etapa de intensificación. La demanda de los consumidores por productos más saludables, derivada del efecto negativo de las grasas saturadas y las grasas trans en la salud, las regulaciones que se han implementado con relación a su uso, así como los avances tecnológicos, han incentivado a la industria alimentaria mundial a la búsqueda de alternativas para la producción de alimentos libres de estas grasas.

Por ejemplo, en 2008 doce empresas transnacionales productoras de alimentos firmaron la iniciativa «Las Américas libres de grasas trans», con la finalidad de eliminar voluntariamente los ácidos grasos trans de los alimentos en 11 países de América Latina y el Caribe, incluido México.

En un contexto de análisis de salud pública, en el 2010 México ocupó el primer lugar a nivel mundial en obesidad y sobrepeso, lo cual se tradujo en la implementación de varios lineamientos de política relacionados con la distribución de alimentos y bebidas en las escuelas y a su etiquetado (Kaufer-Horwitz et al., 2018). Por tanto, las empresas productoras de alimentos se han visto obligadas a la búsqueda de opciones para distinguir a sus productos con el sello de saludables y amigables con el ambiente, y contribuir a disminuir la presencia de las enfermedades crónicas no transmisibles; tal es el caso de la industria de botanas.

La industria de botanas se interesó en el aceite de girasol alto oleico para utilizarlo en la elaboración de sus productos, como sustituto de la palmoleína (González et al., 2014; PepsiCo, 2010), con una demanda de aceite de al menos ciento veinte mil toneladas anuales (Molinos, 2010). Es de mencionarse que la palmoleína es un insumo importado con alto contenido de grasas saturadas y con una imagen negativa entre los consumidores por el impacto

dañino que la palma de aceite causa al medio ambiente y por las malas condiciones de trabajo en las plantaciones (CBI, 2016).

Las características que hacen del aceite de girasol alto oleico una opción atractiva en la industria alimentaria son las siguientes. Este tipo de girasol se caracteriza por su alto contenido de ácidos grasos alto oleico cuya ventaja es su mayor estabilidad oxidativa frente a los genotipos con un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados. El alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados es indeseable en elevados niveles, pues tienen una baja estabilidad termooxidativa (Garcés et al., 2009; Gupta, 2014). Para su uso a alta temperatura, este tipo de aceite debe ser parcialmente hidrogenado, lo cual proporciona mayor estabilidad, pero se generan ácidos grasos trans, considerados nutricionalmente indeseables por su relación con un mayor riesgo de presentar enfermedades cardiovasculares (Damude & Kinney, 2008; Garcés et al., 2009; Gupta, 2014). Contrariamente, la composición del aceite de girasol alto oleico es deseable para propósitos de fritura, refinación y almacenamiento, pues no se requiere la hidrogenación y tiene mejores propiedades nutricionales comparado con los genotipos tradicionales y otros cultivos oleaginosos (Dimitrijević et al., 2017; Kleingartner, 2015).

Además del interés por el girasol alto oleico para la producción de aceite, esta oleaginosa se ha valorado también como una opción en la rotación de cultivos para hacer frente a la problemática presentada en los monocultivos de frijol, sorgo, cebada, trigo y maíz, sistemas de producción cuyo uso continuo ha resultado en una menor productividad, problemas fitosanitarios, disminución de la rentabilidad y pérdida de biodiversidad en los paisajes agrícolas (FAO, 1995).

Ahora bien, el interés de la industria de botanas en el aceite de girasol alto oleico resultó en el despegue del cultivo. Su participación en la reactivación de girasol se resume en tres acciones: a) la solicitud y aprobación para que el girasol se incluyera dentro de las oleaginosas atendidas por el Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas en el año 2008 (CONASIPRO, 2008); b) el establecimiento de cultivos demostrativos de girasol en diferentes estados en el

año 2009, así como su producción comercial bajo el esquema de agricultura por contrato; y c) la generación de alianzas estratégicas con diferentes actores clave para promover el cultivo.

De este modo, el establecimiento de cultivos demostrativos en 2008 se dio en los estados de Baja California, Guanajuato, Sinaloa, Zacatecas, Durango y Jalisco. En los años posteriores, aquellas áreas donde el girasol alto oleico fue aceptado por los agricultores funcionó bajo un esquema de agricultura por contrato, con asesoría técnica y suministro de semilla mejorada (Molinos da Silva, 2010).

Para el 2011, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la industria de botanas pactaron el Proyecto de Agricultura Sustentable, el cual incluyó una inversión de cuarenta millones de dólares durante siete años para el desarrollo de proveedores en la siembra de hasta cincuenta mil hectáreas de girasol. No obstante, de acuerdo con las estadísticas de SIAP (2019) esta meta no se logró.

Aunado a la participación inicial de la industria de botanas, algunos mecanismos de política pública federal también aumentaron significativamente los incentivos para la producción de girasol, tal es el caso del proyecto Pro-Oleaginosas y el Subprograma de Apoyos Directos al Ingreso Objetivo, promovidos en 2009.

Los instrumentos de política estatal también han contribuido al despliegue de la producción de girasol, pues las equivalentes a las secretarías de agricultura en varios estados han integrado al girasol como una alternativa en el ordenamiento productivo, esto debido a que: a) es posible desarrollarlo bajo un esquema de agricultura por contrato; b) hay demanda de la semilla de girasol para la extracción de aceite; y c) por sus características agronómicas representa una opción en regiones donde los cultivos predominantes de temporal presentan problemas de productividad, fitosanitarios, de comercialización y de siniestralidad por factores climatológicos; por ejemplo, el frijol en Zacatecas y

Durango, el sorgo en Morelos y Guanajuato, el trigo en Sonora, y el maíz y la cebada en el Estado de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala.

No obstante, en el año 2014 la industria de botanas retiró el subsidio a la semilla y la asistencia técnica a los productores, por lo que su participación en la continuación del cultivo de girasol disminuyó, pero se contrarrestó con la colaboración de otros actores. Posterior a esto, ha destacado la colaboración entre la industria de botanas con una empresa transnacional proveedora de semillas, donde la función de esta última ha sido proveer de semilla de girasol alto oleico y de un paquete tecnológico a los agricultores, mientras que la industria de botanas compra la cosecha.

Los esfuerzos para la producción de girasol alto oleico han requerido de la intervención de varios tipos de actores, tales como instituciones de investigación (INIFAP, CIMMYT, universidades), instituciones de promoción y servicios de investigación no gubernamentales (Fundaciones Produce), actores gubernamentales de distintas Secretarías de Estado relacionadas con la difusión de apoyos (INAES, SAGARPA), proveedores de agroinsumos y otros. Algunas empresas productoras de aceite también han mostrado interés en este cultivo, tal es el caso de Aceites Especiales Tron Hermanos, Sesajal y AAK, quienes han empezado a comprar la producción generada en los estados.

3.4.2 Funciones del sistema de innovación girasol alto oleico

El interés de la industria de botanas por el aceite de girasol alto oleico y el impulso que el Gobierno federal y el de los estados ha mostrado al declararlo parte del reordenamiento productivo han hecho que el cultivo de girasol se desarrolle en diferentes partes del país en los últimos diez años. Sin embargo, la producción de 2009 a 2017 ha tenido altibajos y las regiones productoras aún no son consistentes; entre los años 2014 a 2017 se pasó de 15,624 a 7,216 hectáreas. Para entender estos resultados, el foco de análisis se puso en las funciones del SI, ya que dan una mayor claridad de lo que se ha estado haciendo, quiénes están involucrados y las oportunidades de mejora que se

tienen. En la Figura 8 se resumen los eventos y funciones relacionados con la trayectoria que ha seguido el SI girasol alto oleico y que se detallan a continuación.

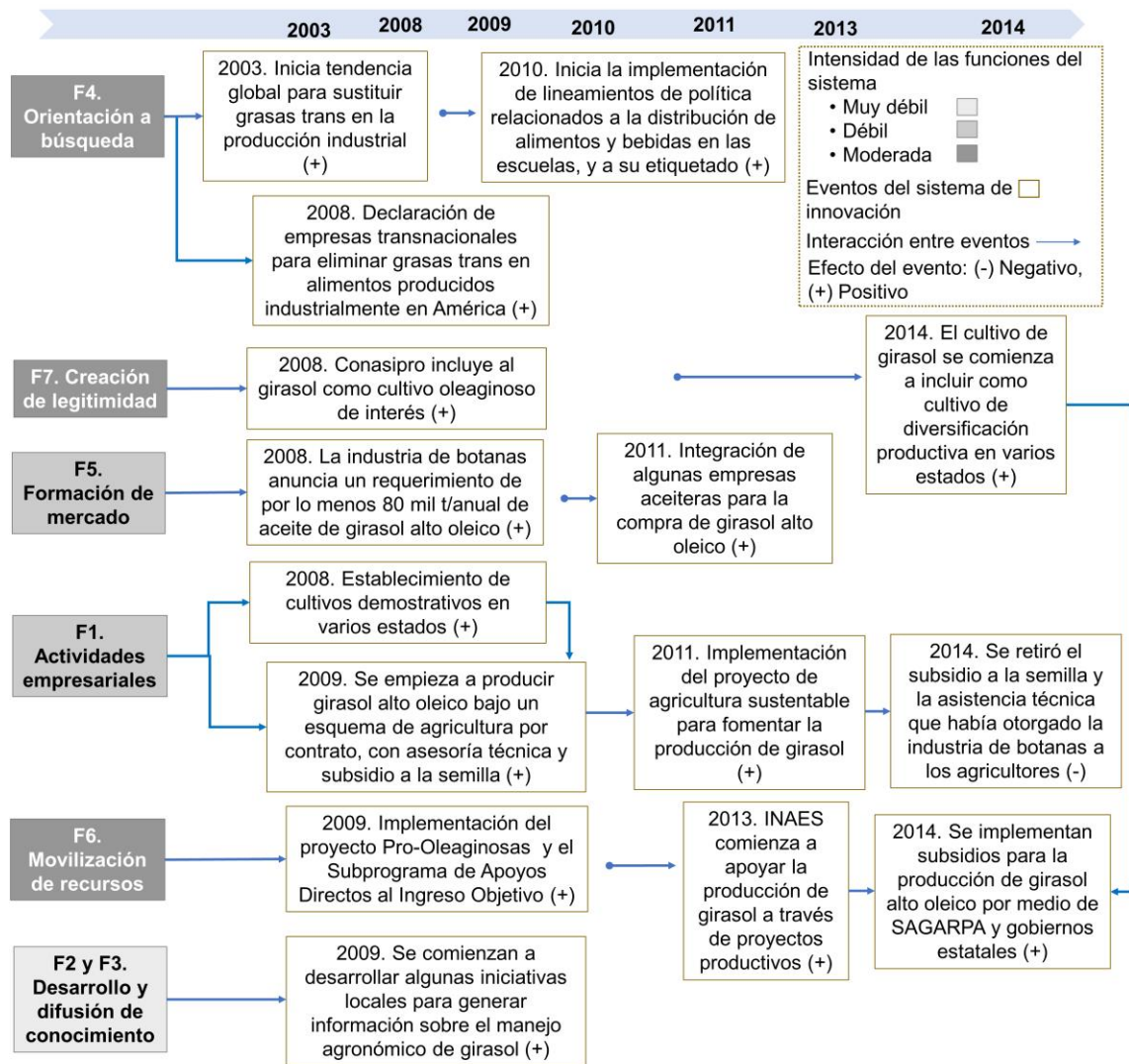


Figura 8. Funciones del sistema de innovación girasol alto oleico.

Fuente: elaboración propia a partir de información de campo y documental.

La búsqueda de alternativas para la producción de alimentos libres de grasas trans y saturadas en la industria alimentaria, incentivada por la implementación de algunas regulaciones para reducir las enfermedades crónicas no transmisibles [F4], ha generado un nicho de mercado para la producción de

girasol alto oleico en México [F5] y el despliegue inicial de los actores que incipientemente configuran el SI.

La integración de diferentes actores para impulsar el cultivo de girasol alto oleico ha sido similar en algunos rubros en todas las regiones, caracterizado por la intervención de la industria de botanas en colaboración con un proveedor de semillas [F1 y F6], apoyados por el gobierno federal y estatal integrando al girasol como un cultivo de reconversión [F7] por lo cual ha sido objeto de diferentes tipos de apoyos y asesoría técnica [F6]. Además, en algunos estados ha sido importante la participación de las instituciones de investigación, universidades y otros actores para la validación y transferencia de tecnología relacionada con el cultivo [F2].

Así, todas las actividades del SI han estado presentes con diferente grado de intensidad. Los eventos más influyentes están relacionados con objetivos de política y apoyos vía subsidios, así como el incentivo del mercado. No obstante, el avance en las funciones del SI hasta ahora solo ha permitido la reactivación del cultivo y cierta estabilidad, más no ha sido suficiente para asegurar su sostenibilidad.

Dado que las funciones de un SI son resultado de la interacción de los componentes estructurales, su desarrollo deficiente está relacionado con problemas con la presencia y calidad de estos componentes (Wieczorek & Hekkert, 2012). En el Cuadro 7 se indican los principales bloqueos de las funciones del SI girasol y posteriormente se describen.

Cuadro 7. Principales bloqueos de las funciones más débiles o inconsistentes del SI girasol.

Funciones del SI	Bloqueos del SI
F2 y F3. Desarrollo y difusión de conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Limitada base de conocimientos y capital humano en el manejo agronómico y de cosecha y poscosecha
F5. Formación de mercado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mercado inmaduro e insuficiente diferenciación del aceite y de la pasta de girasol con respecto a otros aceites sustitutos ➤ Competencia del cultivo de girasol con los cultivos tradicionales
F1. Actividades empresariales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Escasa participación de los actores relevantes (industria aceitera)
F6 y F7. Movilización de recursos y creación de legitimidad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Las acciones gubernamentales para promover el cultivo han sido intermitentes e inconsistentes ➤ No existe una presión de la sociedad civil robusta para incentivar el uso de grasas sanas en la fabricación de alimentos procesados

Fuente: elaboración propia a partir de información recabada en campo.

3.4.2.1 Funciones desarrollo y difusión de conocimiento (de intensidad muy débil, Figura 8)

Existen una serie de restricciones en la producción primaria que deben solucionarse. La introducción de girasol alto oleico inició con un nulo conocimiento local en relación con el comportamiento de los híbridos importados y el manejo agronómico a seguir. La validación y la transferencia de la tecnología se han dado de manera parcial, solo en algunas regiones. La escasa validación de los híbridos apropiados a las regiones de producción y el insuficiente conocimiento sobre las prácticas adecuadas ha dado como

resultado densidades y fechas de siembra inapropiadas, lo que resulta en pérdidas de productividad y aumento de costos unitarios de producción.

Adicionalmente, la baja disponibilidad y el uso inadecuado de la maquinaria para la siembra y cosecha de girasol ha sido también una limitante en la producción del cultivo. La falta de equipo adecuado o bien calibrado para la cosecha ha ocasionado pérdidas de al menos el 30% de la producción durante la trilla. Otro aspecto es el elevado costo de la semilla, insumo importado; por ejemplo, en la región productora del Estado de México e Hidalgo (información proporcionada por la SEDAGRO de ambos estados) se encontró que este insumo representa hasta el 20% de los costos totales.

3.4.2.2 Función actividades empresariales y formación de mercado (de intensidad débil, Figura 8)

En relación con la demanda de girasol alto oleico la participación de la industria de botanas se ha reducido. En el caso de la industria aceitera el involucramiento ha sido parcial, limitándose a la compra esporádica de la semilla; esto refleja que no hay un compromiso real con los agricultores. Esta situación se explica por la posibilidad que tiene la industria de satisfacer sus requerimientos de aceite de girasol a través del comercio exterior.

Otra limitante es la distancia de las zonas de producción respecto de la industria de extracción de aceite, pues su localización no siempre es cercana, lo cual aumenta los costos de movilización, sobre todo al considerar que el transporte por unidad de volumen se incrementa debido al bajo peso específico de la semilla. En el caso particular de la industria de botanas, la distancia adquiere particular relevancia, puesto que la extracción de aceite es una actividad realizada por un tercero y quizá esto explica su participación cada vez más deslindada.

Por otro lado, la tendencia mundial en la regulación del contenido de grasas trans en los alimentos y la imagen negativa del aceite de palma eventualmente han incentivado el uso del aceite de girasol alto oleico en las empresas

transnacionales de alimentos, lo cual ha derivado en la promoción del cultivo en México.

Del lado de la oferta un factor importante a considerar es que el girasol como cultivo alternativo compite por el uso del suelo con el patrón de producción tradicional. Por tanto, la producción de girasol debe ser más competitiva en términos de rentabilidad que el cultivo que sustituye; además debe ser compatible con las necesidades del agricultor. Por ejemplo, en la región productora del Estado de México algunos productores se han interesado en el cultivo de girasol como una opción para sustituir el cultivo de cebada, ya que durante los últimos años el acceso como proveedores de la industria maltera se ha dificultado.

3.4.2.3 Función movilización de recursos y creación de legitimidad (de intensidad moderada pero inconsistente, Figura 8)

Los apoyos de gobierno al impulso del cultivo de girasol han sido intermitentes y desordenados, lo cual se podría explicar, en parte, por el énfasis que los distintos funcionarios han puesto al promover este cultivo. Aunado a ello, en el país no existe una política relacionada con el contenido de grasas en los alimentos, únicamente existen medidas voluntarias por parte de las empresas con resultados limitados en comparación con otros países donde se han instaurado medidas obligatorias. Además, existe poco conocimiento o preocupación entre los consumidores acerca de las grasas trans (Pérez-Ferrer et al., 2010). Esta situación en el largo plazo limita el crecimiento potencial del aceite de girasol, pues su uso se justifica por el tema de salud.

En resumen, a pesar de los esfuerzos realizados por la industria de botanas para promover el cultivo de girasol, y la colaboración de otros actores, no se ha logrado estabilizar la producción de esta oleaginosa a nivel nacional. La formación y configuración del SI para apoyar el cultivo ha sido un proceso rezagado, caracterizado por una débil articulación entre el eslabón de los agricultores y el eslabón de la industria aceitera, así como la ausencia de

actores orientados a la generación de aprendizajes colectivos en el manejo del cultivo y no solo focalizados al suministro de recursos materiales, lo cual ha dado como resultado un menor interés del cultivo entre los agricultores. Lo anterior se podría explicar como consecuencia de la ausencia de una política pública que impulse el cultivo de esta oleaginosa no solo por un asunto productivo, sino porque el uso de su aceite podría generar externalidades positivas en aspectos de salud pública.

3.4.3 Intermediarios de innovación en la sostenibilidad del girasol alto oleico

A pesar de los limitados resultados del cultivo de girasol a nivel nacional, el estado de Zacatecas ha destacado por la sostenibilidad y crecimiento de esta oleaginosa, y ocupa el primer lugar con respecto a la superficie sembrada (30%), seguido por Durango, Jalisco y San Luis Potosí.

En contraste con otros estados, la trayectoria que ha seguido el cultivo en Zacatecas se distingue por la integración de estructuras de apoyo con relaciones fuertes y la articulación de los agricultores con la agroindustria aceitera. Estos resultados se explican en buena parte por la presencia de un actor, el Grupo Agrocime (Figura 9).

El Grupo Agrocime es una empresa de servicios especializados que surgió en el año 2004 y actualmente está integrado por cuatro unidades de negocio, que en su conjunto otorgan servicios de consultoría, asistencia técnica integral, transferencia de tecnología y comercialización de oleaginosas y granos básicos: a) Agrocime consultans SC se dedica a la consultoría y asistencia técnica especializada; b) Consultores especialistas Agomart SC se enfoca a la generación de convenios de investigación con universidades y centros de investigación como Fundaciones Produce y CIMMYT; c) El Campo Agropecuaria SPR es una sociedad de producción rural que integra a productores de la región; y d) GA Irrigación-Irrigación de Alta Tecnología se dedica a la instalación de sistemas de riego agrícola.

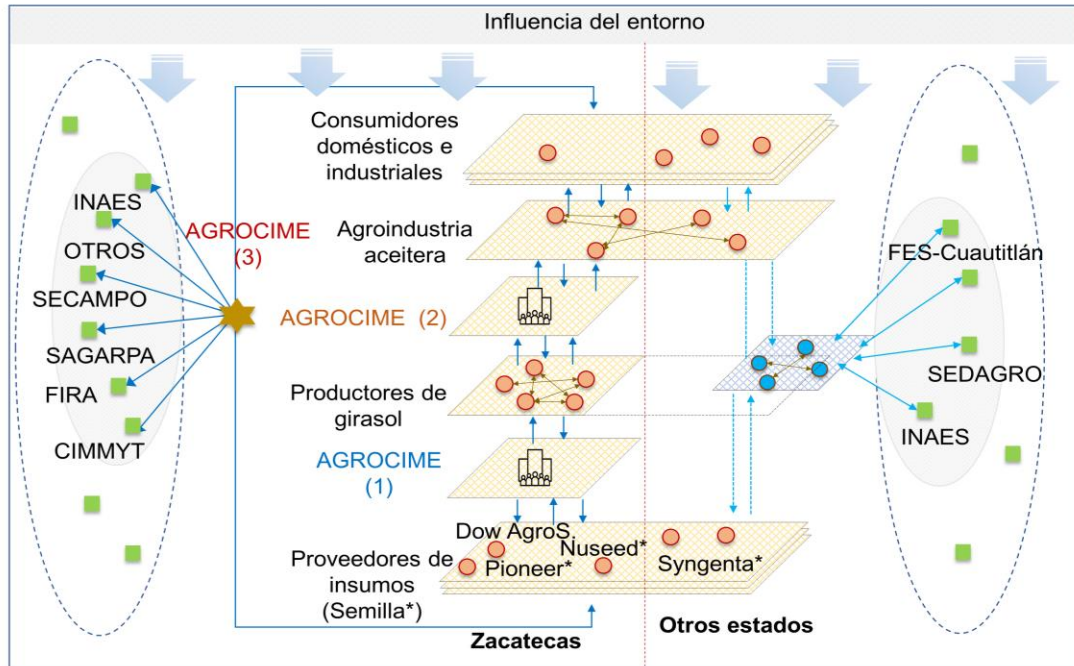


Figura 9. Configuración del sistema de innovación girasol, 2018.

Fuente: elaboración propia a partir de información recabada en campo.

El Grupo Agrocime, como actor privado, con fines de lucro, de funcionamiento permanente y con amplias habilidades técnicas y de gestión ha contribuido a enfrentar las restricciones en la producción de girasol, comentadas anteriormente; su participación en este cultivo se resume en tres principales acciones.

1) Búsqueda y transferencia de conocimiento y tecnología a través de procesos participativos con los agricultores y otros actores.

La producción de girasol en Zacatecas se inició en el 2008 con el establecimiento de algunas hectáreas de girasol alto oleico. Sin embargo, los problemas en el manejo del cultivo y la falta de maquinaria para la siembra y la cosecha se hicieron presentes entre los agricultores. Como resultado, el Grupo Agrocime comenzó a involucrarse para apoyar a los agricultores, generando conocimiento técnico local para el manejo del cultivo.

Formalmente, la intervención de Agrocime en el cultivo de girasol se inició en 2009, cuando fue contratado por la industria de botanas por cinco años para dar seguimiento a este cultivo en Zacatecas y Durango. En este año la superficie sembrada en Zacatecas fue de 184 hectáreas, no obstante, para 2010 esta superficie pasó a tan sólo 18. Esta disminución en la superficie se debió a la presencia de problemas agronómicos en el cultivo que desincentivaron la producción de girasol entre los agricultores.

Dado que la información referente al manejo agronómico del girasol, particularmente para el tipo alto oleico, era reducida en el contexto de México, Agrocime promovió el desarrollo de investigación en colaboración con los agricultores. Esto culminó en un paquete tecnológico adecuado a las condiciones de la región de producción de Zacatecas. La investigación generada incluyó: a) la evaluación de híbridos de diferentes empresas productoras de semillas; b) evaluación de la densidad, profundidad y fechas de siembra; c) evaluación de métodos y productos para el control de plagas y enfermedades; d) evaluación de fuentes de fertilizantes, dosis y técnicas de aplicación; y f) adaptación a sembradoras y trilladoras.

El desarrollo de conocimiento local aplicado fue decisivo para reducir la incertidumbre entre los agricultores y en la generación de experiencia en el cultivo. Como resultado, en 2012 la superficie fue de 1,018 hectáreas, la cual continuó incrementándose para los siguientes años y se mantiene actualmente en 4,000 hectáreas (información proporcionada por Grupo Agrocime).

2) Articulación de la cadena de valor y acceso al mercado.

En 2013 el contrato entre Agrocime y la industria de botanas terminó, lo cual generó en Agrocime expectativas para ampliar la producción de girasol y buscar nuevos mercados. La continuidad de Agrocime permitió a los agricultores seguir cultivando girasol para un nuevo mercado, el de la industria aceitera.

El esquema de negocio de Agrocime para la producción de girasol es a través de agricultura por contrato, y opera de la siguiente manera: cada año Agrocime pacta las condiciones de compra-venta con las industrias aceiteras con respecto al volumen, calidad y precio de la semilla. Actualmente se tienen contratos con Aceites Especiales TH en Michoacán y Sesajal en Jalisco. Agrocime se encarga de abastecer de semilla a los agricultores. Al inicio del establecimiento del cultivo, un equipo de técnicos colabora con los agricultores para la calibración de las sembradoras y para iniciar con la implementación de un paquete tecnológico desarrollado por la empresa. Cuando es necesario, la empresa también proporciona financiamiento para la adquisición de insumos. Durante el ciclo productivo el equipo de técnicos da seguimiento al cultivo. Al momento de la cosecha se habilitan los centros de acopio (propiedad de los agricultores) para la recepción de la semilla, donde personal de Agrocime toma una muestra para realizar un análisis de calidad. Los parámetros que requiere la industria aceitera son, un máximo de 10% de humedad, un máximo de 2% de impurezas y un mínimo de 38% de aceite. De acuerdo con los parámetros obtenidos se fija un precio para el productor y Agrocime se encarga de la comercialización.

3) Creación de vínculos con diferentes actores, locales y externos, para integrar el cultivo de girasol al patrón de cultivos del agricultor.

La participación de Agrocime también ha incluido el despliegue de estructuras de apoyo que han dado legitimidad y consolidación al cultivo de girasol. En el año 2014 se logró que el girasol se integrara en el reordenamiento productivo del estado, como una alternativa diferente del cultivo de frijol, lo cual resultó en subsidios públicos a la semilla y otros mecanismos de financiamiento para la compra de sembradoras y cosechadoras. En este mismo año, Agrocime inició colaboraciones con MasAgro-CIMMYT para el desarrollo de girasol bajo agricultura de conservación.

Por otro lado, a través de Agrocime se han gestionado otros apoyos relacionados con la adquisición de maquinaria y equipo y el desarrollo de

infraestructura. Por ejemplo, se logró la construcción de tres centros de acopio de semilla con el apoyo del INAES (de la Secretaría de Economía), con una capacidad conjunta de 4,000 toneladas. Asimismo, se consiguió la adquisición de varios equipos, tales como: bazucas, cribadoras móviles, sembradoras de precisión, trilladoras, entre otros. El apoyo de FIRA-Banco de México en colaboración con Agrocime también ha sido importante para disponer de líneas de crédito para capital de trabajo y de inversión fija para la producción, cosecha y acopio, así como el apoyo para el reembolso del pago de la asistencia técnica y capacitación.

Para facilitar la colaboración de los diferentes actores, Agrocime ha integrado a los agricultores en sociedades de producción rural, mediante las cuales también se hacen compras consolidadas de insumos.

En resumen, el esquema para la producción y comercialización de girasol que opera en Zacatecas a través del Grupo Agrocime es único en México. La intervención de Agrocime ha logrado compensar las debilidades existentes en la producción de girasol y dar viabilidad al cultivo frente a otras opciones productivas al integrar sus habilidades y recursos para generar investigación, validación y transferencia de tecnología, así como articular los vínculos entre los agricultores con actores de la cadena de valor y otros que la apoyan. Este entramado de relaciones que se han originado entre actores heterogéneos a partir de la intervención de Agrocime principian la configuración del SI girasol alto oleico.

3.4.4 Discusión y conclusiones

En este trabajo se analizó la evolución del cultivo de girasol en México cuya introducción respondió a la demanda creciente de aceite y grasas vegetales como una alternativa viable en el sistema alimentario frente al remplazo de las grasas de origen animal por las de origen vegetal. Sus características agronómicas, particularmente las relacionadas a su amplia adaptabilidad a condiciones de baja precipitación, fueron clave para su elección.

De este modo, a partir de su introducción como cultivo comercial, en la década de 1970, el girasol ha transitado por tres etapas bien definidas, cada una con distinto desempeño. En el periodo inicial se dio la introducción y el auge del girasol con variedades importadas, cultivadas en varias regiones del país con apoyos gubernamentales y donde las instituciones públicas de investigación ocuparon un papel dominante.

No obstante, el cultivo entró en un segundo periodo que se caracterizó por la menor intervención del Estado en el sector agrícola y la entrada de reformas liberales, lo cual derivó en el cese paulatino de toda actividad relacionada con el cultivo y el abrupto descenso de la superficie sembrada. En este escenario la demanda de aceite de girasol por parte de la industria fue satisfecha por las importaciones. Esto pone en evidencia que la producción nacional de girasol se explicaba primordialmente por los apoyos gubernamentales, con un limitado interés de la industria de extracción de aceite en su promoción y continuidad. La participación limitada del girasol en la industria aceitera se explica por dos factores: a) su desarrollo ha estado subordinado a cultivos oleaginosos que primordialmente han sido promovidos por su valor para la obtención de otros productos; en un primer momento se promovió el algodón para obtener fibra y luego, a partir de 1960 se promovió la soya para generar pastas oleaginosas para la elaboración de alimentos balanceados y en forma complementaria producir aceite (Gómez, 1992; Sánchez, 1992); b) en esta lógica de mercado, el girasol no pudo competir pues la pasta oleaginosa que se origina durante la extracción de su aceite es menos y de menor valor.

En el tercer periodo se da la reactivación del cultivo a partir de la introducción de híbridos alto oleico, promovidos por la iniciativa privada (industria de botanas) en respuesta a la demanda de aceites más saludables y funcionales. Esto en un contexto de salud pública debido al efecto negativo de las grasas trans por su relación con la presencia de enfermedades cardiovasculares. En esta etapa, que aún sigue desarrollándose, se tiene que las actividades realizadas permitieron la introducción del cultivo y cierta estabilidad. No

obstante, las acciones públicas y privadas han sido insuficientes para desencadenar nuevas actividades e integrar nuevos actores con funciones distintas a la entrega de subsidios que fomenten la generación y difusión de conocimiento y el desarrollo de un mercado más dinámico. Además, se destaca la relevancia de un intermediario de innovación en el funcionamiento adecuado del SI, esto al estimular la creación de vínculos entre actores heterogéneos y compensar la ausencia de actores públicos.

En este contexto, la producción de girasol tiene posibilidades de continuar, respaldada por tres factores. Primero, la demanda interna del aceite de girasol ha tenido un crecimiento positivo en los últimos años, por tanto, sigue habiendo un amplio margen para la producción de esta oleaginosa; donde la industria alimentaria hasta ahora depende primordialmente de las importaciones. Segundo, el reordenamiento productivo implementado en varios estados ha puesto al cultivo de girasol como una opción pertinente, ya sea como un cultivo de rotación o como opción de reconversión. Tercero, en un tema de salud pública el uso de aceite de girasol tiene ventajas importantes sobre el de otras oleaginosas. No obstante, para que estas perspectivas se cumplan es necesario desarrollar cuatro acciones.

En primer lugar, promover vínculos efectivos entre los diferentes actores de la cadena de valor para formular una visión conjunta y coordinar actividades de desarrollo. La integración más amplia de la industria aceitera puede contribuir a facilitar la operación de las cadenas de suministro con abasto más cercano a las industrias y con ello mejorar la competitividad del costo de girasol. Esta acción requiere de los incentivos adecuados de los gobiernos federal y estatal.

Segundo, promover y consolidar el desarrollo de conocimiento y de capacidades para el manejo del cultivo de girasol a nivel local. Es necesario considerar su origen como una tecnología exógena que necesita adecuarse a las condiciones de la región donde se introduce. Esto requiere propiciar vínculos entre diferentes actores con recursos y habilidades variados que permitan el desarrollo del SI. Hasta ahora, los actores que han participado en la

integración del girasol se han focalizado principalmente en proporcionar subsidios de activos y, en menor medida, en la generación y difusión de conocimientos.

Tercero, para la introducción de girasol en una región determinada se debe evaluar el entorno en donde se quiere introducir el cultivo, considerando aspectos como el patrón de cultivos existente, el ciclo agrícola y la competitividad de estos.

Cuarto, a pesar de la demanda existente de aceite de girasol, el cultivo es vulnerable ante una mayor competitividad de otros aceites vegetales con menores precios y de mayor valor industrial, aunque de menor calidad y más nocivos a la salud. En este sentido, es necesario que se destaquen las cualidades funcionales y nutricionales del aceite de girasol alto oleico con respecto a otros aceites vegetales. En otros países el incentivo primordial para sustituir a los aceites hidrogenados y al aceite de palma en la industria alimentaria por el aceite de girasol alto oleico ha sido la formulación de políticas públicas donde se ha regulado el uso de grasas trans por temas de salud pública y legislado que el etiquetado de los productos incluya el nombre del aceite vegetal que contiene, en lugar de únicamente indicar que es elaborado a partir de aceite vegetal.

Finalmente, aunque el análisis presentado estuvo enfocado en el girasol para la producción de aceite, existen otros mercados potenciales que pueden ser explorados. Por ejemplo, la producción de girasol confitero, la producción de girasol para ensilaje utilizando las variedades nacionales o el girasol alto oleico orientado a otros mercados (por ejemplo, alimentos para aves). Asimismo, los hallazgos del presente estudio dan pautas a considerar al momento de impulsar cultivos de reconversión productiva.

3.4.5 Literatura citada

- Amador Mesina, V. (1969). *Estudio agro-industrial del cultivo de girasol en México*. Escuela Nacional de Agricultura.
- Anandajayasekeram, P., & Gebremedhin, B. (2009). *Integrating innovation systems perspective and value chain analysis in agricultural research for development: Implications and challenges* (No. 16).
- Arocena, R., & Sutz, J. (2003). *Subdesarrollo e innovación: navegando contra el viento*. Cambridge University Press.
- Arroyo, G. (1989). *La pérdida de la autosuficiencia alimentaria y el auge de la ganadería en México* (1st ed.). Plaza y Valdés.
- ASERCA. (1994). Girasol y Algodón. *Claridades Agropecuarias*, 15, 36.
- Banco Mundial. (2008). *Incentivar la innovación agrícola: Cómo ir más allá del fortalecimiento de los sistemas de investigación*. Mayol Ediciones.
- Bancomext. (1955). *Mercados y productos: manteca de cerdo* (pp. 198–201).
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37, 407–429. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31(2), 233–245. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00138-X)
- CBI. (2016). *Sunflower oil in Europe* (pp. 1–13). <https://www.cbi.eu/market-information/vegetable-oils/sunflower-oil/>
- Clark, N., Hall, A., Sulaiman, R., & Naik, G. (2003). Research as Capacity Building: The Case of an NGO Facilitated Post-Harvest Innovation System for the Himalayan Hills. *World Development*, 31(11), 1845–1863. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.04.001>
- CONASIPRO. (2008). Celebración de la 13ª sesión del Comité Nacional. *Oleaginosas En Cadena*, 7–8.
- Damude, H. G., & Kinney, A. J. (2008). Enhancing Plant Seed Oils for Human Nutrition. *Plant Physiology*, 147(3), 962–968. <https://doi.org/10.1104/pp.108.121681>
- de la Torre García, J. (1980). *Análisis y perspectivas del cultivo de girasol (Helianthus annuus) en México*. Universidad de Guadalajara.
- Dimitrijević, A., Imerovski, I., Miladinović, D., Cvejić, S., Jocić, S., Zeremski, T., & Sakač, Z. (2017). Oleic acid variation and marker-assisted detection of Pervenets mutation in high- and low-oleic sunflower cross. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17(3), 235–241. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n3a36>

- Downs, S. M., Thow, A. M., & Leeder, S. R. (2013). The effectiveness of policies for reducing dietary trans fat: a systematic review of the evidence. *Bulletin of the World Health Organization*, 91(4), 262–269. <https://doi.org/10.2471/BLT.12.111468>
- FAO. (1995). Balance de la Revolución Verde: Nuevas necesidades, nuevas estrategias. *CERES*, 154. <http://www.fao.org/3/v6640s/v6640s00.htm>
- FAOSTAT. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. (2018). <http://www.fao.org/faostat/en/>
- Flores Verduzco, J. J., Sánchez Peña, V., & Santoyo Cortés, V. H. (1986). La integración agricultura-industria en la producción de oleaginosas. *Geografía Agrícola*, 113–142.
- Freeman, C. (2004). Technological infrastructure and international competitiveness. *Industrial and Corporate Change*, 13(3), 541–569. <https://doi.org/10.1093/icc/13.3.541>
- Fucickovski Zak, L. (1976). *Enfermedades y plagas de girasol en México*.
- Gallegos B., C. C. (1970). Latest Developments and Trends in Sunflower Production in Mexico. *Fourth International Sunflower Conference*, 55–58.
- Gallegos Barquín, C. C., & de Elizondo, H. M. (1972). *El cultivo de girasol*.
- Garcés, R., Martínez-Force, E., Salas, J. J., & Venegas-Calderón, M. (2009). Current advances in sunflower oil and its applications. *Lipid Technology*, 21(4), 79–82. <https://doi.org/10.1002/lite.200900016>
- Gómez Cruz, M. A. (1992). Agroindustria, Estado y progreso científico-técnico en la agricultura mexicana. In R. Schwentesius Rindermann & M. A. Gómez Cruz (Eds.), *Implicaciones del progreso tecnológico en la agricultura de países en desarrollo* (Primera, pp. 162–178).
- González Márquez, J. C., Hernández Castañeda, U., Orozco García, R., & Sánchez Valdez, J. (2014, March). El resurgimiento de la producción de girasol en Zacatecas. *El Campirano*, 10–11. https://issuu.com/grupoinformador/docs/marzo_2014
- Gupta, M. K. (2014). Sunflower oil: History, applications and trends. *Lipid Technology*, 26(11–12), 260–263. <https://doi.org/10.1002/lite.201400068>
- Hall, Andrew, Bockett, G., Taylor, S., Sivamohan, M. V. K., & Clark, N. (2001). Why Research Partnership Really Matter: Innovation Theory, Institutional Arrangements and Implications for Developing New Technology for the Poor. *World Development*, 29(5), 783–797. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00004-3)
- Hall, Andy, Mytelka, L., & Oyeyinka, B. (2005). *Innovation systems: Implications for agricultural policy and practice* (pp. 1–4).
- Hekkert, M., Heimeriks, G., & Harmsen, R. (2011). *Technological Innovation System Analysis: A manual for analysts* (p. 15). Utrecht University.

- Hekkert, M.P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Hekkert, Marko P., & Negro, S. O. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting & Social Change*, 76, 584–594. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.04.013>
- INEGI, SECOFI, & SISVAN. (1988). *Abasto y comercialización de productos básicos: oleaginosas*.
- INIFAP. (2004). *Guía para la producción de girasol en el Norte de Tamaulipas* (p. 15).
- Kaufer-Horwitz, M., Tolentino-Mayo, L., Jáuregui, A., Sánchez-Bazán, K., Bourges, H., Martínez, S., Perichart, O., Rojas-Russell, M., Moreno, L., Hunot, C., Nava, E., Ríos-Cortázar, V., Palos-Lucio, G., González, L., González-de Cossio, T., Pérez, M., Borja-Aburto, V. H., González, A., Apolinar, E., ... Barquera, S. (2018). Sistema de etiquetado frontal de alimentos y bebidas para México: una estrategia para la toma de decisiones saludables. *Salud Pública de México*, 60(4), 479–486. <https://doi.org/10.21149/9615>
- Kleingartner, L. (2015). U.S. and Canada Perspectives on Sunflower Production and Processing. In E. Martínez- Force, N. Turgut Dunford, & J. J. Salas (Eds.), *Sunflower: Chemistry, Production, Processing, and Utilization* (pp. 491–516). AOCS Press.
- Kleingartner, L. W. (2002). NuSun sunflower oil: Redirection of an industry. In J. Janick & A. Whipkey (Eds.), *Trends in new crops and new uses* (pp. 135–138). ASHS Press.
- Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: Concepts, analysis and interventions. In I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Eds.), *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic* (Issue January, pp. 431–455). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2>
- Lamprinopoulou, C., Renwick, A., Klerkx, L., Hermans, F., & Roep, D. (2014). Application of an integrated systemic framework for analysing agricultural innovation systems and informing innovation policies: Comparing the Dutch and Scottish agrifood sectors. *Agricultural Systems*, 129, 40–54. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2014.05.001>
- Lundvall, B. (2015). *The origins of the national innovation system concept and its usefulness in the era of the globalizing economy* (pp. 1–29).
- Matsaert, H., Ahmed, Z., Islam, N., & Hussain, F. (2005). Using actor-oriented tools to analyse innovation systems in Bangladesh. *Participatory Learning and Action*, 51, 100–110.

- Molinos da Silva, C. (2010). Oportunidad de Negocio con el Cultivo de Girasol (*Helianthus annus L.*) Alto Oleico para PepsiCo-Sabritas. In J. J. Martínez Ríos, M. Vázquez Navarro, R. Santana Rodriguez, & A. Martínez Ríos (Eds.), *Memoria de las XXII semana internacional de Agronomía FAZ-UJED* (pp. 1–5). Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Monge-Rojas, R., Colón-Ramos, U., Jacoby, E., & Mozaffarian, D. (2011). Voluntary reduction of trans-fatty acids in Latin America and the Caribbean: current situation. *Rev Panam Salud Publica*, 29(2), 126–129.
- Ortegón Morales, A. S. (1980). Situación del cultivo de girasol en México. In *International Sunflower Conference* (pp. 45–49).
- Ortiz, O., Orrego, R., Pradel, W., Gildemacher, P., Castillo, R., Otiniano, R., Gabriel, J., Vallejo, J., Torres, O., Woldegiorgis, G., Damene, B., Kakuhenzire, R., Kasahija, I., & Kahi, I. (2013). Insights into potato innovation systems in Bolivia, Ethiopia, Peru and Uganda. *Agricultural Systems*, 114, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.08.007>
- Pascalis Dávila, M. G. (1980). *Ensayo de Rendimientos entre 37 Variedades e Híbridos de Girasol (Helianthus annus L.) de Rumania y Yugoslavia bajo las Condiciones Ecológicas en Apodaca, N.L., Verano de 1979*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- PepsiCo. (2010). *Desempeño con sentido: reporte de sustentabilidad PepsiCo México 2009-2010* (p. 145).
- Pérez-Ferrer, C., Lock, K., & Rivera, A. J. (2010). Learning from international policies on trans fatty acids to reduce cardiovascular disease in low- and middle-income countries, using Mexico as a case study. *Health Policy and Planning*, 25(1), 39–49. <https://doi.org/10.1093/heapol/czp040>
- Reig, N. (1985). Las tendencias alimentarias a largo plazo en México: 1950-1984. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 16(61), 9–64. <https://doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.1985.61.35740>
- Robles Sánchez, R. (1980). *Producción de Oleaginosas y Textiles*. Editorial Limusa.
- Sánchez Herrera, S., & Gómez Cruz, M. A. (1992). Sistema agroindustrial producción intensiva de carne y huevo. Situación, problemática y alternativas. In R. Schwentesius Rindermann & M. A. Gómez Cruz (Eds.), *Implicaciones del progreso tecnológico en la agricultura de países en desarrollo* (Primera, pp. 195–202). Humboldt Universitat Zu Berlin-Universidad Autónoma Chapingo.
- Sánchez Peña, V. (1992). Desarrollo agroindustrial e integración de los productores en la agroindustria aceitera en México. In R. Schwentesius Rindermann & M. A. Gómez Cruz (Eds.), *Implicaciones del progreso tecnológico en la agricultura de países en desarrollo* (Primera, pp. 578–589).
- Sánchez Peña, V. (1993). El Sistema Agroindustrial Oleaginosas-Aceites en

- México. In J. De la Fuente, R. Ortega, & M. Samano (Eds.), *Agricultura y agronomía en México 500 años* (pp. 361–374). Universidad Autónoma Chapingo.
- Shields, D. S. (2010). Prospecting for Oil. *Gastronomica*, 10(4), 25–34. <https://doi.org/10.1525/gfc.2010.10.4.25>
- Spielman, D. J., Ekboir, J., & Davis, K. (2009). The art and science of innovation systems inquiry: Applications to Sub-Saharan African agriculture. *Technology in Society*, 31(4), 399–405. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2009.10.004>
- Veit, H. Z. (2019). Eating Cotton: Cottonseed, Crisco, and Consumer Ignorance. *The Journal of the Gilded Age and Progressive Era*, 18(4), 397–421. <https://doi.org/10.1017/S1537781419000276>
- Wieczorek, A. J., & Hekkert, M. P. (2012). Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39, 74–87. <https://doi.org/10.1093/scipol/scr008>
- World Health Organization. (2018). *Replace trans fat: an action package to eliminate industrially-produced trans-fatty acids* (pp. 1–7).

CAPÍTULO 4 LA INNOVACIÓN EN LA CADENA DE VALOR DE PIÑA EN MÉXICO: UNA EXPRESIÓN DEL PROCESO DE ADOPCIÓN MUNDIAL DEL HÍBRIDO MD-2

Resumen

El desarrollo y escalamiento de la piña MD-2 durante las últimas décadas en el mundo es el resultado de la innovación de la cadena de valor, proceso gestado por empresas transnacionales para capturar una oportunidad en el mercado de la piña en fresco. En el presente trabajo se analiza este proceso a través del marco metodológico de las funciones del sistema de innovación poniendo como foco de análisis el caso de México, para comprender el auge de este genotipo y sus impulsores. Los resultados muestran que el éxito de la expansión de este híbrido en el mercado internacional puede explicarse, en buena parte, por el cumplimiento de todas las funciones del sistema de innovación, las cuales interactuaron positivamente y se reforzaron entre sí, dando como resultado un gran dinamismo en la demanda de la piña MD-2. Este patrón funcional generó espacios de entrada para otros países, una vez que el genotipo MD-2 fue de dominio público y el mercado había valorado su potencial comercial. Al darse estas condiciones, México también se incorporó en esta innovación varietal, por tanto, varias funciones se desplegaron y otras más se habilitaron a medida que MD-2 iba teniendo reconocimiento entre los actores de la cadena de valor nacional; destacan principalmente las funciones actividades empresariales y desarrollo y difusión de conocimiento.

Palabras clave: Cadena de valor, Funciones del sistema de innovación, Mercado, Cambio tecnológico.

Abstract

The development and scaling of MD-2 pineapple during the past decades throughout the world is the result of innovation in the value chain, a process managed by transnational companies to capture an opportunity in the fresh pineapple market. This paper analyses this process through the methodological framework of the functions of the innovation system focusing on the case of Mexico to understand the boom of this genotype and its drivers. Our results show that the success of the expansion of this hybrid in the international market can be explained, to a large extent, by the fulfilment of all the functions of the innovation system, which interacted positively and reinforced each other, resulting in great dynamism in the demand for MD-2 pineapple. This functional pattern created entry points for other countries, once the MD-2 genotype was in the public domain and the market had appreciated its commercial potential. With these conditions in place, Mexico was also incorporated into this varietal innovation. Therefore, several functions were deployed and others were enabled once MD-2 gained recognition among value chain actors. The functions that mainly stand out are entrepreneurial activities and development and diffusion of knowledge.

Keywords: value chain, functions of innovation systems, market, technological change.

4.1 Introducción

Durante más de un siglo la variedad Cayena Lisa fue la base de la industria mundial de piña, tanto para el procesamiento como para la producción en fresco, esto gracias a sus características para enlatado y buen rendimiento. No obstante, en 1996 aparece en el mercado internacional de piña en fresco el híbrido MD-2 con características superiores (Fold & Gough, 2008; Vagneron et al., 2009). En consecuencia, su introducción alteró las demandas del mercado de exportación de piña fresca, reconfiguró la cadena de valor de la piña y marcó un nuevo paradigma tecnológico y comercial entre los países productores.

Este arreglo en la producción mundial de piña fresca, liderado por empresas trasnacionales que promovieron el híbrido MD-2, ha tenido efectos muy importantes en los países productores y, México no es la excepción. El híbrido MD-2 en el país tiene un desarrollo reciente con fines principalmente de exportación; su producción se impulsó a inicios del siglo XXI, con resultados que llaman la atención por su rápida expansión y el despliegue tecnológico que lo acompañó en toda la cadena de valor.

Expandir el éxito de las innovaciones (escalado) se ha planteado como uno de los mayores desafíos que enfrentan las intervenciones en los sistemas de innovación (Maru, 2018; Sartas et al., 2017), pues a menudo los proyectos piloto o pruebas que se emprenden no se amplían y desaparecen después de que finaliza la financiación inicial (Woltering et al., 2019). En estas circunstancias los financiadores, los formuladores de políticas y la sociedad civil involucrada se preocupan cada vez más por la escala, el tiempo y el impacto de sus inversiones, en consecuencia, existe una mayor presión sobre los investigadores y los encargados de los proyectos (Gonsalves, 2001). Por tanto, comprender la introducción y el desarrollo exitoso que el híbrido MD-2 ha logrado en diferentes entornos es una oportunidad para estudiar el escalamiento de una innovación.

Así, este trabajo utiliza el marco analítico de las funciones del sistema de innovación (SI) para estudiar los procesos clave que guiaron hacia la obtención de la piña MD-2, su integración al mercado internacional y su posterior escalamiento en los países productores. De forma particular, se analiza el caso de la cadena de valor de piña en México, donde se impulsó la reconversión parcial de las plantaciones de piña Cayena Lisa a MD-2. Este trabajo argumenta que el análisis de las funciones del SI puede contribuir en la comprensión de los factores subyacentes que posibilitaron la introducción y el escalamiento en forma exitosa del híbrido MD-2 en la cadena de valor piña, donde la orientación al mercado es un detonante importante para la innovación.

4.2 Antecedentes teóricos

El enfoque de SI es reconocido como un marco analítico útil para entender los motores de cambio y apoyar los procesos de innovación en la agricultura (Banco Mundial, 2008; Clark et al., 2003; Hall, 2006). La idea central de éste es que muchos actores, sus actividades y los factores institucionales que rigen su participación son importantes para catalizar la innovación y lograr su sostenibilidad (Hall, 2006; Lamprinopoulou et al., 2014).

El dominio de los trabajos sobre sistemas de innovación agrícola (SIA) se ha basado en el estudio de los componentes estructurales (actores, redes, infraestructura e instituciones) que posibilitan profundizar en el análisis de un sector agrícola específico, una actividad productiva primaria o una trayectoria particular de cambio tecnológico (Amankwah et al., 2012; Ortiz et al., 2013; Wieczorek & Hekkert, 2012). No obstante, esta determinación de actores basada en la observación de los componentes estructurales, que integran el desarrollo de nuevas tecnologías, ha demostrado ser insuficiente por considerarse como predominantemente estático y con dificultades para generar directrices de política pública (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007; Wieczorek & Hekkert, 2012).

Partiendo de la idea de que los procesos de innovación no son estáticos en el tiempo y requieren de la construcción y transformación del SI en el que tienen lugar los cambios, se necesita un enfoque dinámico para comprender y guiar mejor su dirección (Hekkert et al., 2007). Atendiendo a esta naturaleza evolutiva algunos autores (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007; Hekkert & Negro, 2009) han desarrollado un enfoque conceptual basado en las funciones que deben facilitarse para que un SI se desarrolle, crezca y se consolide, lo cual resulta ser un factor de la mayor importancia para que una tecnología se integre exitosamente en el ámbito donde se requiere que incida, produciendo cambios y mejoras evidentes.

Este análisis exhibe siete funciones clave (Hekkert et al., 2007), las cuales se han evaluado empíricamente, principalmente en sistemas de innovación convencionales (Edsand, 2017; Haase et al., 2013): F1) actividades empresariales, F2) desarrollo del conocimiento, F3) difusión del conocimiento, F4) orientación de la búsqueda, F5) formación del mercado; F6) movilización de los recursos y F7) creación de legitimidad.

En la agricultura el análisis de las funciones es incipiente y se ha utilizado para evaluar la dinámica y el funcionamiento de los SIA, principalmente en países desarrollados (Audouin et al., 2018; Borremans et al., 2018; Kruger, 2017; Lamprinopoulou et al., 2014). En el caso de los países en desarrollo su aplicación es reciente (Audouin et al., 2018; Kebebe, 2019). En este contexto, debido al papel que tiene el SIA para comprender cómo se da la innovación (Busse et al., 2015), es oportuno generar conocimientos relevantes acerca de su funcionamiento y su contribución a la expansión de una innovación. De igual forma, se requiere valorar la pertinencia de las funciones en el contexto de los llamados países en desarrollo.

4.3 Metodología

Para la integración y análisis de la información se utilizó la técnica historial de eventos, aplicada en diversos estudios sobre sistemas de innovación, la cual

consiste en la identificación, clasificación y análisis de eventos de acuerdo con las funciones del SI (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007; Hekkert & Negro, 2009). Un evento es la unidad elemental de análisis y se refiere a sucesos internos y externos que acontecen en un determinado momento, incluyendo el surgimiento de nuevos actores y el debilitamiento paulatino de otros en el sistema de innovación.

4.3.1 Área de estudio

México ocupa el noveno lugar en la producción mundial de piña con aproximadamente 20,000 hectáreas cosechadas anualmente (Uriza et al., 2018). La actividad piñera tiene una trayectoria de más de un siglo, utilizando la variedad Cayena Lisa. La región del Bajo Papaloapan es la principal región productiva, ubicada entre en el centro-sur del estado de Veracruz (75%) y el norte de Oaxaca (15%). Por lo tanto, el estudio se enfocó en esta región productora, sitio donde se inició la reconversión de la variedad Cayena Lisa al híbrido MD-2.

4.3.2 Colecta de información

La información para este estudio se obtuvo de diferentes fuentes, tanto documentales como empíricas. Primero, se realizó un análisis de contenido de una gran variedad de documentos (40) publicados entre 1980 y 2019 referentes al cultivo de piña MD-2 en el ámbito nacional e internacional; incluidos artículos científicos y de difusión, periódicos, libros, boletines, tesis, folletos, informes, documentos de sitios web, entre otros. Segundo, se hicieron entrevistas semiestructuradas a veinte informantes clave, reconocidos como expertos locales. La selección de actores clave se integró por agricultores, investigadores, asesores técnicos, personal de agroindustrias de empaque, entre otros. Las entrevistas se basaron en una línea común de preguntas para comprender cómo se inició la introducción del híbrido MD-2 en la región de estudio. A este conjunto de cuestionamientos se le sumaron otras de carácter específico, según el tipo de actor. Tercero, se recabó información estadística obtenida de varias bases de datos oficiales (SIAVI, SIACON y FAOSTAT) para

lo cual se seleccionaron variables como: superficie sembrada, producción, regiones productoras, importaciones y exportaciones (FAO, 2019; Secretaría de Economía, 2019; SIAP, 2019).

4.3.3 Procesamiento y análisis de la información

La información obtenida de las diferentes fuentes se sistematizó en orden cronológico, con lo cual se identificaron eventos y actores involucrados. Posteriormente, cada evento se asignó a una función particular del sistema, según correspondiera. Este proceso se hizo de forma inductiva, utilizando como referencia los tipos de eventos asociados a las funciones propuestos en otros trabajos de investigación (Cuadro 8). Por tanto, los eventos sirvieron como indicadores de las funciones y la forma de operacionalizarlas.

Una vez que los eventos se clasificaron en una función particular, el siguiente paso fue su análisis. Para ello se identificaron las secuencias de eventos, esto con el fin de definir patrones e interacciones entre funciones y, por tanto, poder construir una narrativa significativa que capturara el desarrollo del sistema de innovación piña MD-2, primero a nivel mundial y luego en México. De este modo, la última etapa correspondió a la narración de las funciones basada en la secuencia de eventos. En el texto la referencia a las funciones se enuncia mediante corchetes [F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7], según corresponda.

Cuadro 8. Tipos de eventos como indicadores de las funciones del SI.

Función	Descripción	Tipos eventos asociados
F1. Actividades empresariales	En el núcleo de cualquier SI están los empresarios, quienes prospectan y explotan oportunidades de negocio	Participación privada en proyectos de innovación Inversiones privadas en una nueva tecnología
F2. Desarrollo del conocimiento	Involucra la investigación y creación de conocimientos, requisitos previos para la innovación	Proyectos de investigación científica Publicaciones científicas Derechos de obtentor
F3. Difusión de conocimiento	Se refiere al intercambio de conocimientos y aprendizajes a través de las redes de actores	Actividades de difusión (talleres, cursos, capacitaciones) Redes de información
F4. Orientación de la búsqueda	Se refiere a las actividades que dan forma a las necesidades, requisitos y expectativas de los actores	Documentos de visión compartida Acuerdos entre actores Reclamaciones Necesidades o problemas documentados
F5. Formación de mercado	Para que las nuevas tecnologías puedan posicionarse es frecuentemente necesario facilitar la creación de mercados, donde las nuevas tecnologías puedan desarrollarse	Desgravaciones fiscales Regulaciones que afectan directamente ciertos procesos de producción Promoción
F6. Movilización de recursos	En la realización de las actividades dentro del SI son necesarios recursos financieros, de capital y humanos	Subsidios Inversiones públicas y privadas Financiamiento
F7. Creación de legitimidad	Para que una tecnología se desarrolle y madure debe convertirse en parte del régimen existente e incluso tiene que derrocarlo, por tanto, los actores deben crear un lobby político que contrarreste esta inercia y respalde la nueva tecnología.	Presión pública para resolver un problema

Fuente: elaboración propia, basado en Hekkert et al. (2007) y Hekkert y Negro (2009).

4.4 Resultados

El apartado inicia con una visión general de la producción de piña en el mundo, seguido por el análisis de las actividades de investigación emprendidas que condujeron a la obtención del híbrido MD-2 y a su posterior comercialización. Después se analiza el caso de la producción de piña en México, en el cual se presenta primero un contexto general de esta actividad y luego se detallan las actividades que se desplegaron para introducir la piña MD-2.

4.4.1 Hitos históricos de la producción mundial de piña

La trayectoria de la cadena de valor de la piña en el mundo ha tenido cambios importantes, cuyos efectos se dejan ver en las re-configuraciones de la oferta (Figura 10). La producción de piña se ha destinado hacia el proceso industrial y para su consumo en fresco. Desde 1903, año en el que se produjo el primer lote comercial de piña en conserva (Bartholomew et al., 2012), la producción de esta fruta se destinó primordialmente para proceso industrial, a través de agroindustrias ubicadas principalmente en Hawái. Este estado mantuvo el liderazgo en el procesamiento hasta finales de la década de los sesenta, llegando a suministrar hasta el 70% de la piña en conserva del mundo y el 85% del jugo (Joy & Sumanthi, 2017; Morton, 1987).

En relación con el consumo fresco de piña, la vida de anaquel relativamente corta de la fruta, así como el escaso desarrollo de tecnologías de transporte y almacenamiento para productos perecederos limitó su comercio en fresco a regiones cercanas a las zonas de producción. Por tanto, para mercados más lejanos se consolidó su consumo en forma enlatada (Fold & Gough, 2008; Rohrbach et al., 2003).

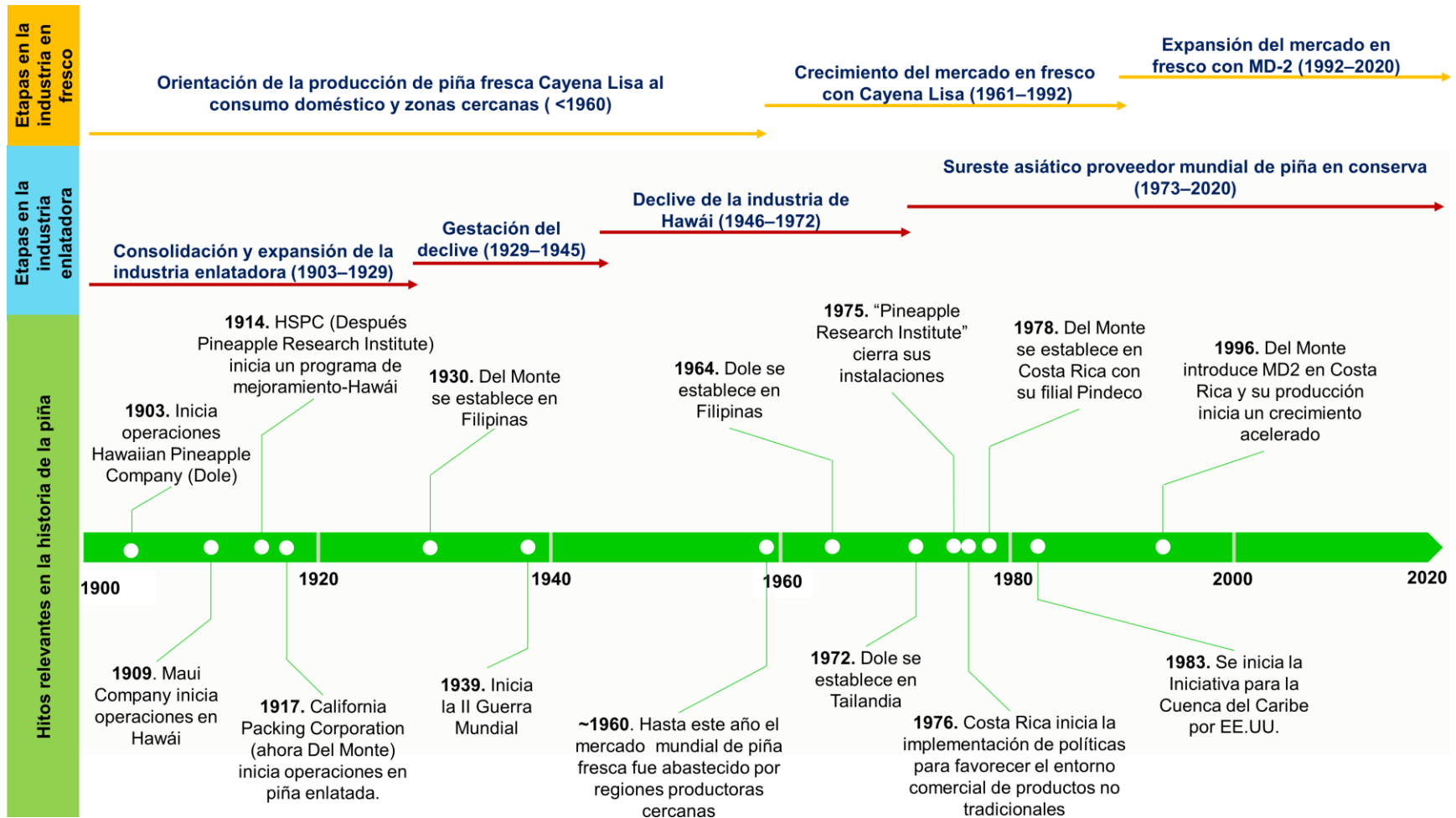


Figura 10. Desarrollo histórico del cultivo de piña en el mundo.

Fuente: elaboración propia con información documental.

Después de la Segunda Guerra Mundial, por razones relacionadas con la rentabilidad de la industria enlatadora de piña en Hawái, hubo un arreglo en su producción e industrialización. Éste consistió principalmente en el traslado de las agroindustrias más importantes hacia el Sureste Asiático. Desde entonces el Sureste Asiático ha mantenido la gobernanza en la producción de piña industrializada, utilizando principalmente la variedad Cayena Lisa (Bartholomew et al., 2012; Hawkins, 2009). Al respecto en la Figura 11a se muestra la red comercial global de piña en conserva desde la perspectiva del proveedor, donde el mercado se encuentra dominado por tres países: Tailandia (THA) que concentra el 45% de las exportaciones mundiales, Filipinas (PHL) con el 26% e Indonesia (IDN) con el 12%.

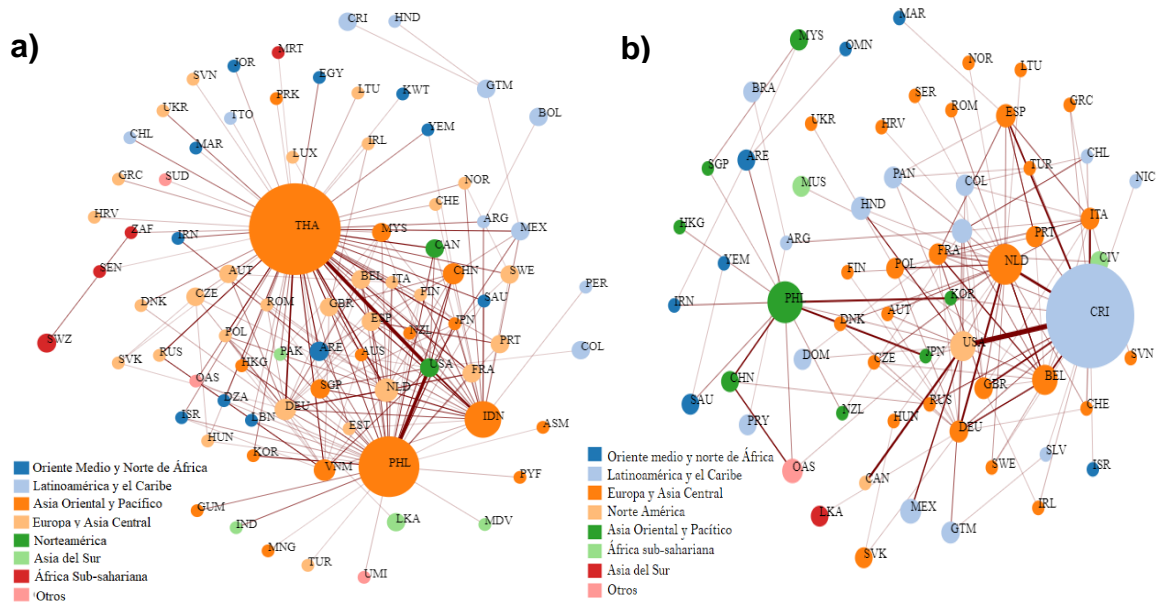


Figura 11. Red global comercial (2016) de a) piña en conserva y, b) piña fresca.

Nota: El tamaño de nodo de cada país es proporcional a su cuota de mercado de exportación. La fuerza de cada flujo (grosor de la línea) se basa en el valor intercambiado. Los valores de referencia para el tamaño de los nodos son: a) 0.001-0.469 y b) 0-0.448.

Fuente: UN COMTRADE (2019).

Paralelamente a lo ocurrido en la industria enlatadora, el mercado en fresco tomó una mayor relevancia después de la Segunda Guerra Mundial. Esto fue favorecido por un mayor consumo de frutas y verduras frescas en los países

desarrollados (Bartholomew et al., 2012) y por el progreso del transporte marítimo y terrestre con refrigeración, eliminando así la limitante de las largas distancias entre productores y consumidores al ampliarse la vida de anaquel (Rohrbach et al., 2003).

Dado que a partir de la década de 1960 la restricción de la distancia para el comercio de esta fruta se redujo, los sitios de producción se ampliaron y diversificaron. Al igual que en la industria de enlatados, las empresas transnacionales (Dole Food Company, Del Monte Foods, Fyffes y Chiquita) ocuparon un papel protagónico en la reconfiguración de la producción y el comercio de piña fresca. Estas empresas trasladaron sus centros de producción a países con potencial productivo para el cultivo de piña donde se ofrecían condiciones preferenciales para la producción y el comercio de esta fruta (Fold & Gough, 2008) y, por tanto, resultaban en mejores ventajas competitivas. Tal es el caso de Costa Rica, donde se generaron condiciones favorables para el entorno comercial, destacando la promulgación de la Ley de Promoción de Exportaciones (1976), mediante la cual se exoneró a los exportadores del pago parcial de impuestos sobre importaciones de insumos y bienes de capital utilizados en sus procesos de producción. Además, se otorgaron Certificados de Abono Tributario (CAT) redimibles contra el impuesto sobre la renta, y se promovió el desarrollo de la Iniciativa para la Cuenca del Caribe de EE.UU. (1983), mediante la cual se abrieron las exportaciones con origen en Centroamérica y Caribe (Acuña, 2004; Quijandría et al., 1997; Torres & Aguilar, 2019; Vagneron et al., 2009). A estos factores se agregan las ventajas comparativas derivadas del ambiente agroecológico adecuado para la plantación de piña, la proximidad al mercado de EE.UU., el aprovechamiento de las inversiones preexistentes en las plantaciones de plátano (Acuña, 2004; Torres & Aguilar, 2019; Vagneron et al., 2009), y la mano de obra migrante barata de Nicaragua (Obando, 2017). Esto contribuyó a que en 1978 la empresa Del Monte se estableciera en Costa Rica con su filial PINDECO (Pineapple Development Company) (Vagneron et al., 2009).

A pesar de la relevancia que ocupó la piña fresca y la redistribución de las empresas transnacionales, hasta mediados de 1990 las exportaciones mundiales en fresco de esta fruta eran relativamente pequeñas, basadas principalmente en la variedad Cayena Lisa (Bartholomew, 2009). Tal situación cambió radicalmente, cuando en 1996 PINDECO, lanzó el híbrido MD-2 al mercado, cuyo éxito a nivel internacional fue inmediato (Vagneron et al., 2009). A partir de eso el nuevo genotipo desplazó rápidamente a la variedad Cayena Lisa en el mercado de fruta fresca de EE. UU. y Europa.

Con el establecimiento de Del Monte y la introducción del híbrido MD-2 en Costa Rica, la producción de piña en este país experimentó una gran transformación. La producción de piña cambió de un sistema de producción a pequeña escala orientado al autoconsumo y basado en la variedad Monte Lirio (Acuña, 2004; Bonatti et al., 2006) a un sistema de producción intensivo en tecnología y en extensiones mayores con fines de exportación. Es así como Costa Rica se convirtió en el principal proveedor de piña fresca en el mundo.

En la actualidad Costa Rica (CR) aporta el 50% de la oferta, seguido por Filipinas (PHI) con aproximadamente el 11% (Figura 11b). Los Países Bajos (NLD) y Bélgica (BEL), quienes también figuran como exportadores importantes, no son productores de piña, sino que, al ser puertos de entrada a Europa funcionan como re-exportadores, esto debido a sus puertos marítimos y su posición como principal punto de llegada para los grandes transportistas de plátanos que también transportan piñas. Así, aunque gran parte de las piñas se comercializan de manera directa, la logística de estos flujos comerciales es manejada principalmente por los Países Bajos y Bélgica (CBI, 2018).

4.4.2 Funciones del sistema de innovación global de piña MD-2

4.4.2.1 Orientación a búsqueda y desarrollo y difusión de conocimiento

Los programas de mejoramiento de piña en el mundo tuvieron como objetivo inicial la mejora de Cayena Lisa para procesamiento. Sin embargo, a medida que el mercado en fresco adquirió importancia, la calidad de la fruta se convirtió

en una característica cada vez más importante. Entonces, el objetivo de mejoramiento en la mayoría de los programas cambió gradualmente de alto rendimiento y procesabilidad a alta calidad de la fruta fresca **[F4]** (Ogata et al., 2016).

Así, los primeros programas de mejoramiento se desarrollaron en EE.UU., con la finalidad de obtener genotipos con mejor calidad de fruto y mejor adaptados a las condiciones locales. Posteriormente, se desarrollaron programas similares en Sudáfrica, India, Malasia y Costa de Marfil (Ogata et al., 2016). Por los resultados obtenidos el programa de mejoramiento que destacó fue el desarrollado por “Pineapple Research Institute” (PRI) en Hawái (Williams & Fleisch, 1993). Este programa inició en 1916 cuando la asociación de productores de piña empezó el mejoramiento genético de esta fruta en una estación experimental **[F2 y F3]**, esto con el propósito de obtener genotipos con mejores características que Cayena Lisa **[F4]**. Posteriormente, en 1944 esta estación se convirtió en “Pineapple Research Institute” (PRI), organismo financiado por Maui Pineapple Company, Dole y Del Monte **[F1]** (Bartholomew et al., 2012; Williams & Fleisch, 1993).

A pesar de los esfuerzos de selección de la progenie de cada uno de los cruces parentales más prometedores, obtenidos por el PRI a fines de la década de 1960 y principios de la década de 1970, no se lograron generar variedades comercialmente aceptables que superaran las características de Cayena Lisa. Estos resultados conllevaron a concluir el programa de mejoramiento. Por tanto, la estación experimental cerró en 1975 y la evaluación de las progenies se completó por Maui Pineapple Company hasta 1985 **[F2 y F3]** (Bartholomew, 2009; Williams & Fleisch, 1993).

Cuando el PRI cerró, el material vegetativo de piña seleccionado hasta ese momento se distribuyó entre Del Monte y Maui (Dole dejó la organización en 1972). Cada empresa continuó con la evaluación del material recibido, destacando la selección 73-114 (denominada MD-2) y 73-50 (denominada CO-2) **[F1]** (Bartholomew, 2009).

En 1983, la filial de Del Monte, PINDECO, introdujo varias plantas del nuevo híbrido MD-2 en Costa Rica para adaptarlo a las condiciones locales [F1] (Vagneron et al., 2009). Este híbrido se distinguió de Cayena Lisa por su menor tamaño, color, larga vida de anaquel, mejor consistencia en sabor y un menor daño por frío (ennegrecimiento interno) durante su transporte (Suzuki, 2014; Vagneron et al., 2009).

4.4.2.2 Actividades empresariales y movilización de recursos

Hasta 1960 la superficie destinada al cultivo de piña en Costa Rica era muy insignificante y orientada en su totalidad hacia el consumo interno (Bonatti et al., 2006), utilizando la variedad Monte Lirio (Acuña, 2004). Bajo la intervención de PINDECO la actividad piñera en Costa Rica [F1] adquirió características de monocultivo de alta intensidad y demanda tecnológica. Estos cambios se reflejaron en nuevas técnicas de producción, en la introducción de nuevas tecnologías, en el desarrollo de programas de investigación (Acuña, 2004; Quijandría et al., 1997) y en el desarrollo de capital humano.

En los primeros años de haberse establecido, PINDECO introdujo el clon Champaka F-153 a Costa Rica e inició sus primeras exportaciones con este material en 1982, manteniendo la exclusividad de este clon durante ocho años [F1] (Jiménez, 1999). En 1983 esta filial introdujo varias plantas del nuevo híbrido MD-2 [F1] (Vagneron et al., 2009). Así, en 1999, Costa Rica tenía establecidas cinco mil hectáreas de piña, de las cuales 60% eran del clon Champaka F-153 y 40% de MD-2, donde solo la empresa Del Monte exportaba (Jiménez, 1999).

Dado que la actividad piñera en Costa Rica era reciente, al inicio se tuvo un conocimiento limitado sobre el manejo y la cosecha de la piña. Por tanto, PINDECO tuvo que importar técnicos especializados en la producción de piña y después enviar a algunos de sus trabajadores a Hawái para capacitarse. Fue hasta años después que esta subsidiaria decidió capacitar internamente a sus trabajadores apoyándose en el Instituto Nacional de Aprendizaje (entidad

autónoma en Costa Rica que brinda Servicios de Capacitación y Formación Profesional, creada en 1965) (Inter-American Development Bank, 2007). En 1997 el consorcio PINDECO-Instituto Nacional de Aprendizaje inició un plan continuo de capacitación para sus trabajadores, el cual incluyó temas sobre empaque, buenas prácticas agrícolas, manipulación de alimentos, salud ocupacional y mecánica de maquinaria agrícola [F1] (Inter-American Development Bank, 2007; UTEPI, 2006).

En virtud de que Del Monte tenía antecedentes en Costa Rica con la industria del plátano (negocio principal), fue posible desarrollar sinergias comerciales y logísticas con la piña. De este modo, PINDECO se apoyó en la infraestructura de suministro y publicidad, recursos desarrollados en la comercialización de plátano, para colocar a la piña MD-2 en el mercado internacional [F1]. En el aspecto comercial esta empresa dirigió una efectiva campaña de cabildeo para que las cadenas de supermercados dominantes comercializaran la piña MD-2 junto al plátano, lo cual garantizó el abasto oportuno y regular [F1]. En el aspecto logístico se introdujeron innovaciones de empaque [F1] (Inter-American Development Bank, 2007; United Nations UNCTAD, 2016). Así, como resultado de estas actividades, en 1992 se hicieron las primeras exportaciones de piña MD-2, cuya consolidación se dio en 1996 bajo la marca Del Monte Gold® Extra Sweet [F5].

4.4.2.3 Formación de mercado y creación de legitimidad

Una vez que MD-2 fue conocida por los supermercados europeos y de EE.UU. [F7] las importaciones crecieron aceleradamente [F5] (Inter-American Development Bank, 2007). De este modo, esta fruta se convirtió en el genotipo estándar para casi todos los grandes productores de piña de América Latina y Asia [F7], desplazando rápidamente a la variedad Cayena Lisa en el mercado de fruta fresca de EE.UU. y Europa [F5] (Pay, 2009; Vagneron et al., 2009). Como consecuencia, los principales países proveedores del mercado europeo basados en Cayena Lisa (Ghana y Costa de Marfil) fueron desplazados [F7] (Bartholomew, 2009).

En el caso de Del Monte esta piña se convirtió en un importante generador de ganancias (Figura 12). En 1996, este híbrido representó el 15% de los ingresos totales, solo superado por el plátano con el 68% (Del Monte, 1997). En 2017 esta fruta representó el 12% de los ingresos totales después del plátano con el 43% (Del Monte, 2017).

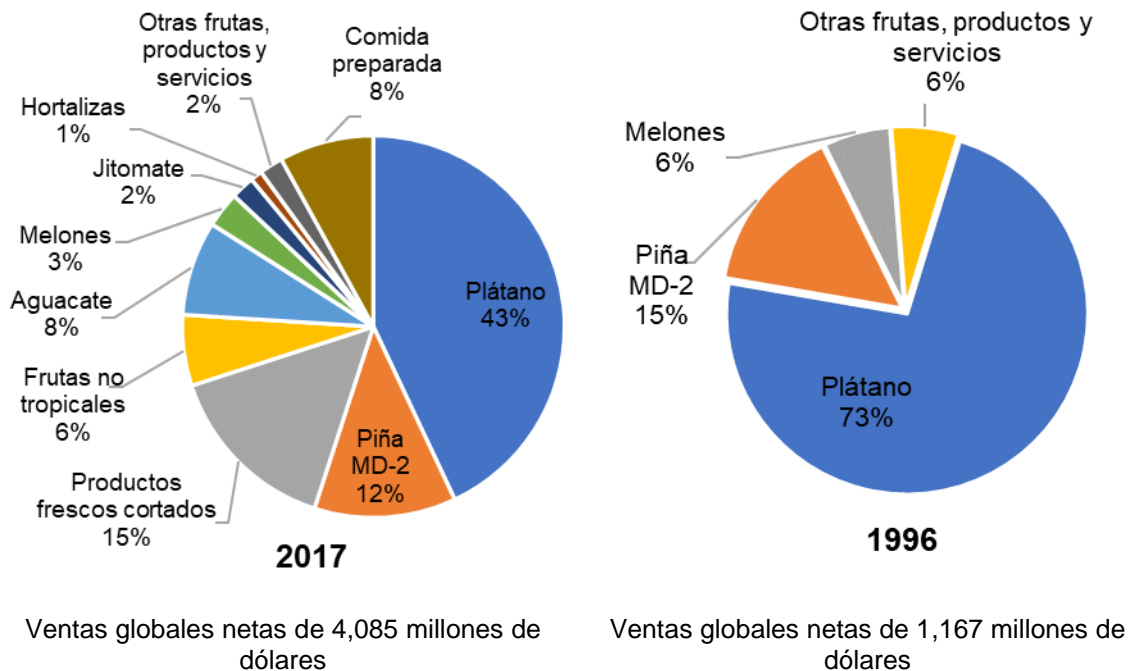


Figura 12. Ventas globales netas de la empresa Del Monte por tipo de producto.

Fuente: elaboración propia con información de los reportes anuales de Del Monte.

Dado el potencial que MD-2 mostró en el mercado internacional de piña fresca, Del Monte trató de mantenerlo para sí mismo. En 1992 esta empresa solicitó los derechos de obtentor de MD-2, pero se le negó pues esta piña se había comercializado previamente y la propiedad estaba en disputa con la empresa Maui. Por otro lado, en 1994 Del Monte obtuvo los derechos de obtentor del cultivar CO-2, vendiéndolo como "Del Monte Gold". Estos derechos se obtuvieron por error, pues Maui ya vendía el clon bajo la etiqueta "Hawaiian Gold". Por tanto, en 2003 Del Monte retiró una demanda contra Maui por infracción a los derechos de obtentor (Frank, 2003; Greig, 2004; Janick, 2003).

Del Monte intentó durante varios años mantener cautivo el mercado de piña MD-2. Para ello, esta empresa evitó la propagación del material de siembra a otros agricultores al alegar los derechos de propiedad. Estos esfuerzos incluyeron demandas y acusaciones de plantas robadas contra otras empresas. Además, la obtención de los derechos de obtentor del material CO-2 generó confusión entre los competidores, quienes creyeron que Del Monte sí poseía los derechos de propiedad de MD-2 (Frank, 2003; Greig, 2004; Janick, 2003).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos del Del Monte para evitar el comercio de MD-2, a finales de 1990 se generó un mercado negro a través de las coronas de la fruta. Por ejemplo, productores costarricenses viajaron a EE.UU., compraron cajas con piña MD-2, descartaron la fruta y llevaron las coronas a Costa Rica para comenzar viveros de propagación. Aunado a lo anterior, los gerentes de Del Monte en Costa Rica dejaron la empresa y establecieron sus propias plantaciones (Frank, 2003). Los demás productores de Costa Rica ingresaron al mercado de piña MD-2 **[F5]** gracias al esfuerzo inicial de PINDECO, quien desarrolló el producto y los canales de comercialización, además los formó como proveedores, transfiriéndoles tecnologías y procesos de producción **[F2, F3 y F4]** (Inter-American Development Bank, 2007). Es de mencionarse que, dada la complejidad del cultivo de la piña un porcentaje alto de la fruta fresca que Del Monte vende, se producen en fincas controladas por la empresa (80% en volumen en 2018¹³).

En 2002, finalmente un fallo de la corte en EE.UU. esclareció que Del Monte había obtenido los derechos de obtentor de una piña diferente a MD-2 (Frank, 2003; Greig, 2004; Janick, 2003). Fue así que esta empresa desistió de los derechos de propiedad de la piña MD-2 en 2003 **[F7]** (Fold & Gough, 2008; Vagneron et al., 2009) y, por tanto, esta fruta comenzó a producirse libremente en diferentes países. Desde entonces, la producción de MD-2 ha sido liderada por otras empresas transnacionales como Dole, Chiquita y Fyffe's, incluido Del

¹³ Volumen producido en Costa Rica y Filipinas, principales áreas de producción y adquisición de la piña MD-2.

Monte. Estas empresas han configurado la producción y han promovido el crecimiento de las plantaciones frente al cultivo a pequeña escala [F5] (Lee et al., 2012), influyendo de manera determinante en la configuración de la cadena de valor. Actualmente, alrededor del 80% de las importaciones de piña en Europa son de MD-2; el porcentaje restante corresponde a las variedades Cayena Lisa, Palo de Azúcar y Victoria (CBI, 2018).

Las empresas que dominan el comercio mundial de la piña también están involucradas en la producción y comercialización del plátano. Estas empresas se caracterizan por controlar toda la cadena de suministro, operando sus propias plantaciones, agroindustrias emparadoras, cámaras frigoríficas y otras instalaciones de distribución (CBI, 2018; Lee et al., 2012). Complementariamente se abastecen de suministros de productores independientes bajo el esquema de agricultura por contrato (CBI, 2018), donde las empresas aportan la tecnología y garantizan la compra del producto. A nivel comercial, estas empresas junto con los grandes minoristas (Walmart, Tesco, Asda, Safeway, Costco, otros) con quienes tienen vínculos de suministro bien estructurados, fungen como un referente para los demás proveedores de piña con relación a los estándares de calidad que la fruta debe cumplir (Lee et al., 2012). Estos vínculos han tomado mayor relevancia en las cadenas de valor a raíz del rápido crecimiento del sector minorista formado por supermercados y cadenas de comida rápida, principalmente desde la década de los 2000 (Reardon et al., 2009).

4.4.3 Hitos históricos de la producción de piña en México

La estructura de la industria piñera en México ha evolucionado a lo largo de más de un siglo de trayectoria (Figura 13). En sus inicios la producción se direccionó hacia la agroindustria enlatadora, pasando por periodos de crecimiento que han coincidido con la participación del Estado y la presencia de empresas extranjeras. Históricamente, la escasez de la oferta en algunos países permitió que la producción nacional creciera (Figura 13); sin embargo, esto se ha caracterizado por un efecto temporal devenido por periodos de crisis.

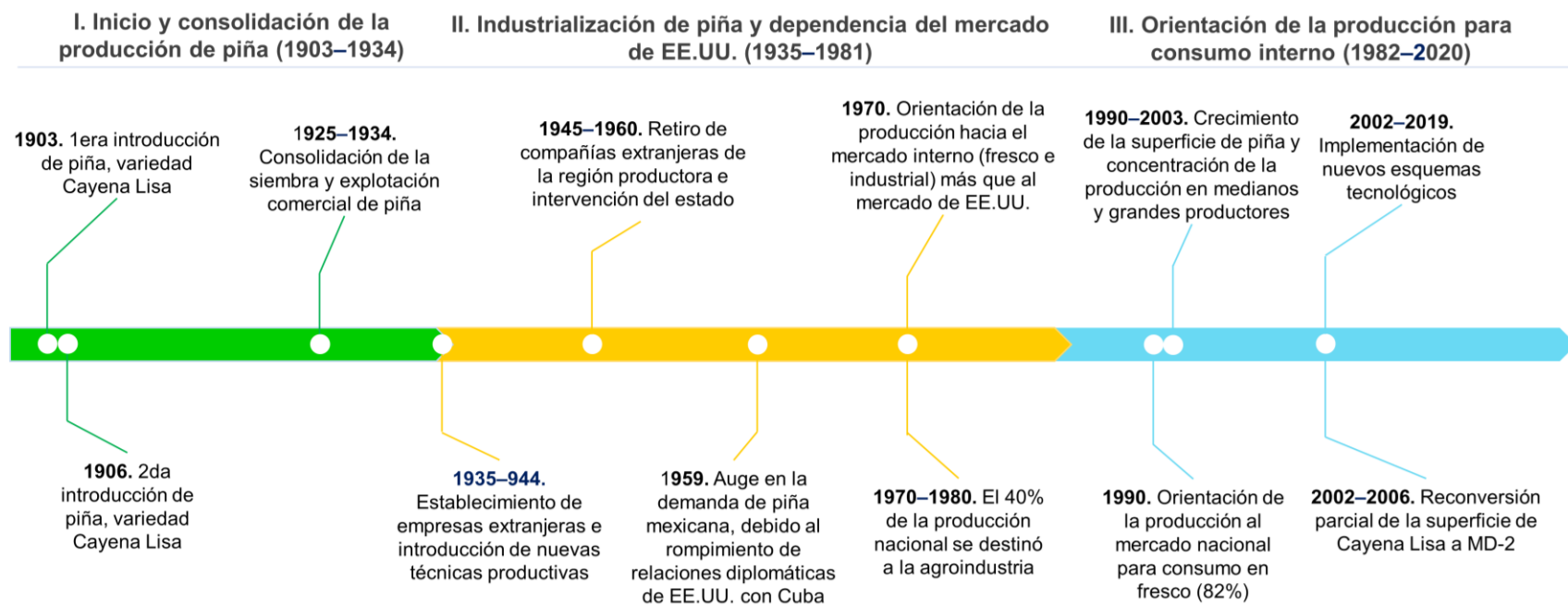


Figura 13. Desarrollo histórico del cultivo de piña en México.

Fuente: elaboración propia con información documental y de campo.

La producción de piña destinada a la agroindustria entre 1970 y 1980 fue del 40% de la producción nacional, pero para 1990 ésta se redujo hasta el 15% del total (ASERCA, 2000; Duhalt, 2001). En los años posteriores y hasta la actualidad, la industria enlatadora ha mantenido una participación secundaria absorbiendo el 20% de la producción nacional (Reinhardt et al., 2019), en un entorno caracterizado por una alta competencia de productos importados a precios más competitivos. De este modo, el mercado nacional en fresco pasó a ser el destino principal de la producción de piña.

A mediados de la década de los noventa la superficie de piña comenzó a tener una tendencia de crecimiento positiva, consecuencia de una mayor concentración de la producción en medianos y grandes productores y, por la implementación de nuevos esquemas tecnológicos (ASERCA, 2000; Duhalt, 2001; Sánchez & Caraveo, 1996).

Finalmente, es a finales de la década de los noventa cuando la cadena de valor piña se reconfiguró, resultado de la introducción del híbrido MD-2 y del desarrollo tecnológico que se desplegó para su aprovechamiento (Torres & Aguilar, 2019; Uriza et al., 2018).

La introducción de MD-2 en México significó la reorganización de la cadena de valor. Tradicionalmente la producción de piña estuvo basada en la variedad Cayena Lisa con destino a la industria y consumo en fresco a granel, principalmente para el mercado doméstico. Por tanto, la introducción de MD-2 implicó la aparición de un nuevo subsistema de mayor valor agregado y más especializado (cadena de valor moderna) con destino a la exportación y grandes cadenas de autoservicio nacionales e internacionales. Este nuevo subsistema coexiste e interactúa con los demás subsistemas convencionales (cadenas de valor tradicionales) representados por la piña Cayena Lisa, variedad destinada al mercado en fresco (local y nacional) y a la agroindustria de conservas y jugo concentrado. Como resultado de esta dinámica productiva, las plantaciones de piña se diversificaron principalmente entre Cayena Lisa

(65%) y MD-2 (30%); el porcentaje restante corresponde a piñas nativas (4%), variedad Champaka y piñas ornamentales (menos del 1%) (Reinhardt et al., 2019; Uriza et al., 2018).

4.4.4 Funciones del sistema de innovación piña MD-2 en México

4.4.4.1 Orientación a búsqueda

A diferencia de otros países en los que la introducción de piña MD-2 al mercado internacional tuvo impactos devastadores entre los agricultores que utilizaban variedades convencionales (Fold & Gough, 2008; Vagneron et al., 2009), en México los efectos fueron mínimos pues el mercado predominante del país continuaba siendo el mercado nacional, con una predilección de los consumidores hacia la piña Cayena Lisa. No obstante, dado el gran dinamismo en la demanda de los mercados globales de piña, siendo EE. UU. uno de los principales consumidores, la transición hacia este nuevo material vegetal fue una obligación para acceder al mercado de exportación **[F4]**, el cual fue avizorado primordialmente por los agricultores de corte empresarial.

El mercado en expansión del híbrido MD-2 representó una oportunidad económica primordialmente entre los agricultores grandes y la única forma de incursionar y asegurar un acceso continuo al mercado internacional **[F4]**. En México a finales de 1990 algunos agricultores a través de esfuerzos individuales o colectivos entre redes informales adquirieron material vegetal con la finalidad de experimentar con el híbrido MD-2 e incrementarlo **[F1]**. Esto se dio en un escenario en el que se tenía la expectativa de que en el corto plazo Del Monte desistiría de los derechos de propiedad que ostentaba. Así, entre 2002 y 2006 se inició la reconversión varietal de una parte de la superficie de piña producida con Cayena Lisa a MD-2, incrementándose gradualmente en los años posteriores **[F1]**.

La producción de este híbrido no fue un proceso automático, pues en sus inicios estuvo limitada por diferentes factores, tales como **[F4]**: i) fuerte arraigo a la variedad Cayena Lisa por parte de los agricultores y comercializadores, ii) nula

experiencia en el manejo del cultivo con variaciones respecto al manejo tradicional de Cayena Lisa; iii) poca disponibilidad de material vegetal y con un alto costo de inversión y, iv) insuficiente infraestructura y poca experiencia en el manejo postcosecha y en la comercialización.

Además, las normas y estándares de calidad alimentaria, impuestos por Del Monte y por las empresas transnacionales que le siguieron, incrementaron su importancia estratégica en el comercio internacional de piña. Por tanto, la implementación de estos requerimientos se mantuvo como una barrera de entrada para los nuevos participantes (Bolwig et al., 2010; Lee et al., 2012), situación que en un principio se comenzó a aprovechar por agricultores grandes. Estas circunstancias obligaron a la realización de ajustes en el sistema de producción y en la estructura y operación de la cadena de suministro con el fin de ingresar al mercado internacional **[F4]**.

4.4.4.2 Actividades empresariales

El proceso de innovación que se produjo desde principios del siglo XXI en la principal región piñera para reconvertir parte de la producción de piña Cayena Lisa a MD-2 y producir con nuevos estándares de calidad, distintos a los conocidos, implicó la participación de actores diversos que llevaron a cabo diferentes actividades **[F1]**.

Por principio, los grandes agricultores y las agroindustrias de empaque fueron quienes tuvieron especial interés en el establecimiento de plantaciones de piña MD-2, con el fin de incursionar en el mercado de exportación. En este contexto, los agricultores empezaron a gestionar nuevas actividades y a organizar el proceso de producción y distribución de la piña MD-2 **[F1]**.

En contraste con la amplia experiencia en la producción de Cayena Lisa, los agricultores y asesores técnicos desconocían el manejo en campo para la producción de MD-2. Por tanto, se vieron obligados a buscar información y a experimentar con el híbrido **[F1]**. En el desarrollo de estas actividades destaca la colaboración del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,

Agrícolas y Pecuarias), institución con una amplia experiencia, de al menos cuatro décadas, en la identificación, desarrollo y validación de soluciones tecnológicas adaptadas a las condiciones particulares de las principales regiones piñeras de México [F2] (Rebolledo et al., 1998, 2011; Uriza et al., 2018).

A medida que el proceso de producción de MD-2 fue dominándose se establecieron nuevas agroindustrias de empaque [F1]. Por tanto, estas empresas y las ya establecidas empezaron a crecer en infraestructura, equipos, maquinaria, personal capacitado y áreas de plantación.

El resultado de todas las actividades emprendidas fue la acumulación de experiencia en el manejo de las plantaciones y la postcosecha de la fruta para el mercado de exportación. Esto muestra que el liderazgo continuo de los productores y empresas permitió ir superando las barreras para el escalado del híbrido MD-2 [F1].

4.4.4.3 Desarrollo y difusión de conocimiento

Para incorporar el híbrido MD-2 las partes interesadas tuvieron que superar varios desincentivos y obstáculos para adaptarse a los cambios del entorno del mercado. Primero, los agricultores desconocían el manejo técnico de este híbrido, con características particulares respecto a Cayena Lisa; por ejemplo, los agricultores se dieron cuenta que este genotipo era susceptible a la pudrición de raíz, por ello tuvieron que agregar la práctica de encamar [F2]. Segundo, para incursionar en el mercado internacional fue necesario cumplir con los requerimientos de calidad, inocuidad, trazabilidad y suministro constante [F4].

Bajo estas circunstancias, se requirió el desarrollo de nuevas capacidades técnicas entre agricultores y asesores técnicos, la implementación de nuevas tecnologías y prácticas para la producción en campo [F2], el establecimiento de instalaciones para el manejo postcosecha de la fruta y el mejoramiento de la logística de exportación para garantizar el suministro oportuno de fruta.

En los mercados dedicados a la exportación, los atributos de calidad (tamaño, forma, relación entre el tamaño de fruto y corona, contenido de azúcar y grados Brix, ausencia de daños externos e internos), inocuidad y trazabilidad son determinantes para la transacción y la relación comercial **[F4]**, ámbitos en los cuales los agricultores de corte empresarial toman ventaja en comparación con los medianos y pequeños. Es de mencionarse que, con la introducción de MD-2 el cumplimiento de estos elementos, expresados en normas privadas de calidad y seguridad, se hicieron más visibles como mecanismo para competir y acceder al mercado internacional **[F7]**.

La mayor parte de las tecnologías para la producción de piña MD-2 tienen su origen en el trabajo realizado por el Grupo de Investigación en Piña-INIFAP **[F2]**. La investigación desarrollada por este actor se ha basado en las demandas de los agricultores en estrecha colaboración con ellos; así como, con proveedores de insumos y equipos agrícolas, técnicos y universidades, quienes han participado en la experimentación y validación de parcelas demostrativas y en la aportación de aprendizajes para la adaptación de las tecnologías **[F3]**. Durante este proceso los asesores técnicos involucrados se han ido especializando en el cultivo de piña MD-2 bajo un manejo más intensivo de conocimientos y tecnologías.

Además de contribuir con el sector de exportación en términos de obtener una mejor calidad de fruta y mejores rendimientos, los esfuerzos de investigación han estado orientados a disminuir el impacto ambiental que durante muchos años ha tenido el sistema de producción convencional caracterizado por plantaciones en suelo desnudo y a cielo abierto (Uriza et al., 2018). Así, con la introducción de MD-2 y la incorporación gradual de varias innovaciones tecnológicas para su aprovechamiento, la principal región productora de piña ha transitado hacia un nuevo modelo productivo, caracterizado por varios cambios en el sistema de producción tradicional (Reinhardt et al., 2019; Uriza et al., 2018), en los ámbitos tecnológicos, comerciales y logísticos **[F2]**.

Si bien todas las innovaciones son importantes en este nuevo modelo productivo, son dos sus componentes principales: acolchado plástico negro y la malla sombra. Estas innovaciones en su conjunto se ha nombrado sistema de producción en ambiente protegido y se han extendido ampliamente a partir del año 2011 entre los agricultores, primordialmente de corte empresarial. La producción intensiva de piña con estas tecnologías además de generar condiciones adecuadas para la producción de fruta hasta por tres ciclos seguidos con buenos rendimientos y calidad, contribuye a una menor degradación del suelo **[F2]** (Uriza et al., 2018), pero requiere inversiones mayores que el cultivo convencional de piña.

Particularmente, la malla sombra es la innovación que mayor aceptación ha tenido entre los agricultores por su efecto en la apariencia de la fruta, a tal grado que actualmente los compradores de fruta tienen una preferencia por la piña cosechada bajo sombra **[F4]**. En el caso del acolchado plástico negro, a pesar de sus beneficios principalmente sobre el control de maleza, ha tenido algunos inconvenientes técnicos. De acuerdo con los asesores estos inconvenientes son fáciles de corregir. No obstante, una de las principales preocupaciones con el uso del acolchado es el manejo de los residuos generados. Esta es una de las razones por las que algunos productores han limitado su uso. En respuesta a estos desafíos algunos agricultores en forma individual han reciclado estos residuos plásticos para obtener nuevos productos. Por ejemplo, un empaque agroindustrial en la región utiliza los residuos plásticos generados en sus plantaciones para elaborar postes de plástico reciclado **[F1]**.

Por último, la difusión del conocimiento generado se ha dado a través de redes formales e informales concentradas espacialmente. La red formal está ligada al INIFAP quien ha dado a conocer las tecnologías mediante talleres, pláticas, cursos de capacitación y el establecimiento de parcelas demostrativas con agricultores líderes tecnológicos. Los agricultores y asesores técnicos al recrear sus propias experiencias con la adopción de las innovaciones también han

contribuido a generar adaptaciones a las mismas que muchas de las veces se difunden a través de redes informales [F3].

4.4.4.4 Creación de legitimidad

El primer elemento que contribuyó a superar la resistencia al cambio (reconvertir las plantaciones) fue la integración exitosa de los primeros agricultores en el mercado internacional con la piña MD-2 [F7], lo cual generó expectativas positivas entre otros agricultores [F4], primordialmente en los que tienen mayor superficie plantada y con mayor poder económico.

A nivel de red la principal fuerza impulsora para producir MD-2 fue la consolidación de organismos representativos, tanto a nivel nacional como estatal, con capacidad de gestión ante las instancias gubernamentales [F7]. En 2006 se integraron el Consejo Veracruzano de Productores de Piña A.C, el Comité Sistema Producto Piña de México y el Consejo Nacional de Productores de Piña A.C. Estos organismos tuvieron el acompañamiento de instituciones de investigación como el INIFAP, quienes aportaron legitimidad técnica para justificar al cultivo de piña MD-2 como prioritario en la agenda gubernamental [F7]. De este modo se consiguió el respaldo del Estado, el cual creó espacios institucionales y presupuestarios para acoger esta demanda (la reconversión de Cayena Lisa a MD-2), dando origen a programas que permitieron la movilización de recursos públicos [F6] y la incorporación de agricultores medianos e incluso pequeños.

Adicionalmente los resultados de las alternativas tecnológicas integradas a la producción de MD-2 también crearon legitimidad técnica entre los agricultores pues contribuyeron positivamente al mejoramiento de la calidad y productividad de la piña [F7].

4.4.4.5 Movilización de recursos

Los cambios tecnológicos que se desplegaron en la producción y postcosecha frente a las prácticas tradicionales utilizadas para los mercados convencionales

requirieron un umbral de inversión adicional por parte de los agricultores y empresas, por tanto, en un inicio la movilización de recursos fue indispensable. Al principio hubo un programa de promoción y apoyos públicos intensivos, dirigidos a productores y a empresas interesadas en el cultivo de piña para el mercado de exportación, en buena medida gestionados por el Consejo Veracruzano de Productores de Piña A.C y el Comité Sistema Producto Piña de México [F6].

El gobierno, a través de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, ahora SADER), canalizó recursos públicos directamente o a través de distintas estancias ejecutoras, por ejemplo, en 2009 se puso en operación el Programa Transversal Trópico-Húmedo. Estos recursos públicos han tenido distintas finalidades, dentro de las cuales se destacan [F6]: i) adquisición de material vegetativo para la reconversión de piña Cayena Lisa a piña MD-2; ii) establecimiento y mantenimiento pre-productivo de piña MD-2; iii) validación y promoción del uso de las tecnologías del INIFAP para el mercado de exportación; iv) adquisición de insumos, maquinaria y equipo (acolchado plástico negro, malla-sombra y equipo especializado, como los aspersores de alto volumen); v) realización de eventos demostrativos y capacitación sobre varios componentes tecnológicos, vi) promoción y apoyo para los procesos de certificación en campo y empaque; vii) puesta en marcha del programa de extensionismo denominado “Agencia de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores para piña MD-2” (AGI-DP); y viii) otras actividades complementarias (Uriza et al., 2018), tales como el equipamiento de agroindustrias emparadoras.

4.5 Discusión

Los resultados obtenidos muestran la complejidad de los procesos de innovación y la variedad de funciones requeridas para que una innovación se introduzca y escale exitosamente en un contexto particular. Esta complejidad se ilustra en la Figura 14, la cual destaca los eventos más relevantes y su asociación a las funciones del sistema de innovación, así como sus

interacciones. Esta figura ubica las **dos fases en la evolución de la piña MD-2** desde su obtención en Hawái hasta su adopción entre los agricultores de México.

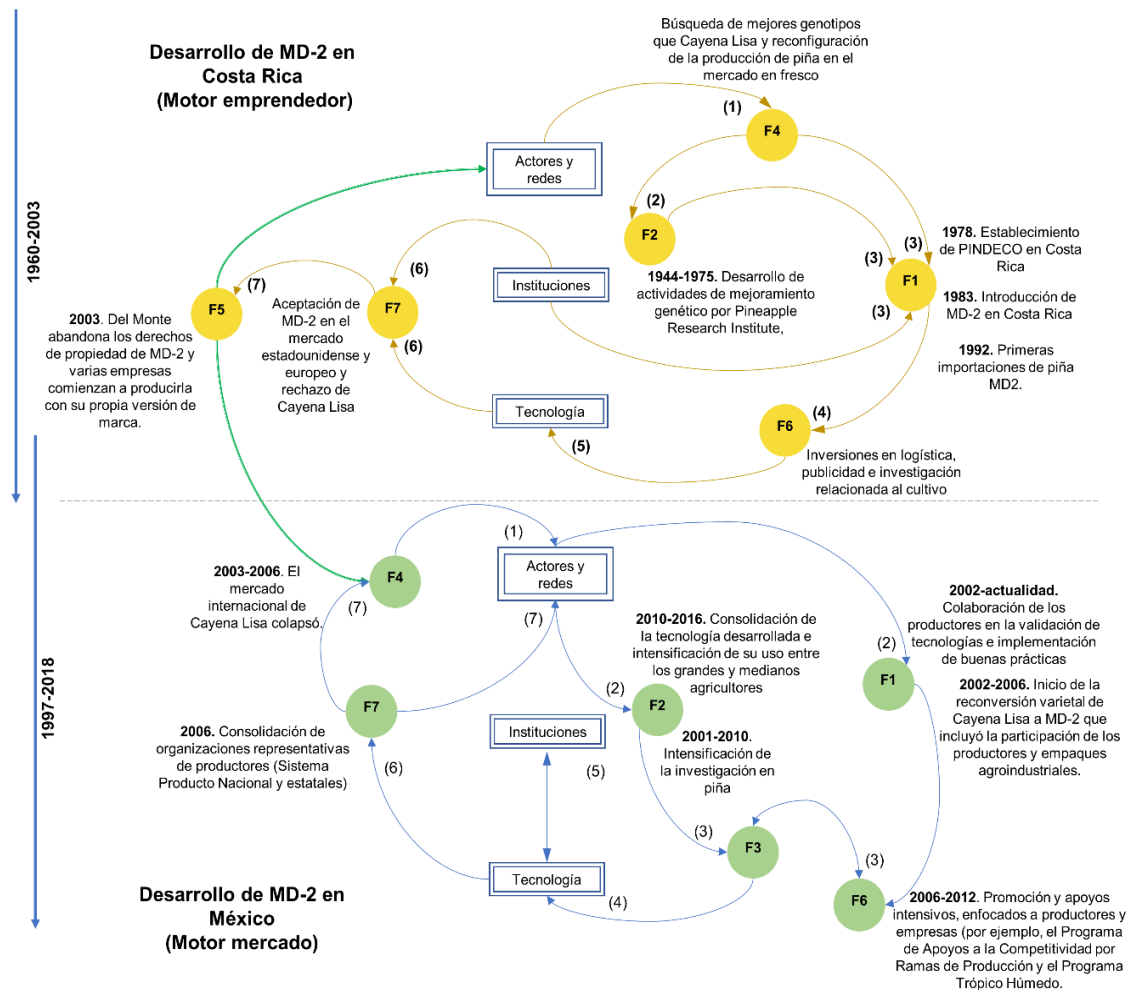


Figura 14. Dinámica de las funciones del sistema de innovación piña MD-2.

Fuente: elaboración propia con información documental y de campo.

La primera fase se caracterizó por el desarrollo de actividades orientadas a la obtención de un nuevo genotipo de piña y su posterior desarrollo de mercado, donde Costa Rica funcionó como el principal escenario de innovación y escalado. En esta fase se destaca el papel preponderante de las **actividades empresariales**, donde la secuencia de eventos comenzó con la participación de las empresas transnacionales Del Monte, Maui y Dole. Estas empresas iniciaron

proyectos relacionados al mejoramiento de piña [F1], orientadas por la oportunidad de ganancias económicas futuras [F4]. La dinámica desarrollada en este periodo también se distinguió por el fuerte cumplimiento de las funciones desarrollo y difusión de conocimiento [F2 y F3], orientación a búsqueda [F4] y movilización de recursos [F6]. Este patrón inicial de funciones, de acuerdo con la tipología de motores de cambio propuesta por Suurs (2009) se clasifica como motor emprendedor.

La segunda fase corresponde a la integración de los países productores de piña para adoptar al híbrido MD-2. Esto fue posible una vez que el genotipo fue de dominio público y su mercado estaba desarrollado; estos elementos se catalogan como **impulsores o desencadenantes de la innovación**. En esta fase la dinámica de las funciones se caracterizó porque la secuencia de eventos comenzó con el establecimiento de estructuras institucionales que facilitaron la demanda comercial del híbrido MD-2 [F5], seguido por una fuerte contribución de las demás funciones [F1, F2, F3, F4, y F6]. Aquí la función creación de legitimidad [F7] tuvo menor importancia pues el desarrollo del mercado, proceso gestionado por la empresa Del Monte, disminuyó la fricción asociada con las actividades de cabildeo respecto de la aceptación del nuevo genotipo de piña entre productores y consumidores. Este patrón inicial de funciones se clasifica como motor de mercado (Suurs, 2009).

A partir de los patrones funcionales expuestos se identifican cuatro **condiciones que explican el éxito de MD-2 a nivel global**. Primero, desarrollo de conocimiento con orientación al mercado: la intervención conjunta de Del Monte, Maui y Dole dio origen a la piña MD-2, con características sensoriales superiores a Cayena Lisa. Se destaca el despliegue de las funciones F1, F2 y F4. Segundo, aprovechamiento de las inversiones hechas por Del Monte en plátano debido a la compatibilidad logística y comercial entre esta fruta y la piña: estas sinergias fueron ampliamente explotadas para integrar al híbrido MD-2 en el comercio internacional con flujos comerciales estables y oportunos, así como en la generación de economías de escala. Las funciones

que resaltan son F1, F6 y F7. Tercero, innovación técnica y definición de nuevos estándares de la industria de piña fresca: se adoptaron nuevos estilos de producción en Costa Rica, intensivos en tecnologías de avanzada. Las funciones más importantes fueron F1 y F6.

La cuarta condición se refiere al componente territorial como un elemento que influye en los procesos de innovación a través del aprovechamiento que los actores hacen de las ventajas comparativas: en este caso el sistema de innovación se benefició del potencial productivo y del entorno institucional adecuado en relación con la exportación de productos no tradicionales en Costa Rica (Fold & Gough, 2008; Vagneron et al., 2009) para el despliegue de las funciones.

En el caso de México se identifican cuatro condiciones que permitieron la rápida expansión del híbrido MD-2. Las dos primeras están relacionadas directamente con las funciones. Las otras dos se refieren a condiciones del contexto (territorio), las cuales explican el hecho de que México a diferencia de otros países, pudo transitar al mercado internacional sin la intervención de grandes empresas. Primero, un mercado desarrollado y abandono de los derechos de propiedad de MD-2 por la empresa Del Monte: la liberación del material vegetal sin restricciones legales fungió como un incentivo para que los agricultores dedicados a la piña Cayena Lisa empezaran a reconvertir parte de sus plantaciones al nuevo híbrido y así poder acceder al mercado internacional; esto ocurrió inicialmente con agricultores grandes. Las funciones que destacaron fueron F1, F5 y F7.

Segundo, capitalización de conocimiento local y liderazgo: la reconversión parcial de las plantaciones de Cayena Lisa a MD-2 no fue un proceso automático y requirió el acompañamiento de innovaciones de proceso, organizativas y comerciales, respaldadas por diferentes actores, tales como agricultores líderes, instituciones de investigación, asesores técnicos, instituciones gubernamentales, empresas proveedoras de maquinaria, equipo y agroinsumos, comercializadores y transportistas, el gobierno, entre otros [F1,

F2 y F3]. Estas innovaciones fueron facilitadas por la cercanía entre los actores, lo que permitió el intercambio de conocimientos y, por tanto, la exposición al cambio (Läpple et al., 2016). Además, para su despliegue fue necesario atravesar varias dimensiones de la innovación entrelazadas: técnicas, organizacionales, institucionales y de liderazgo (Low & Thiele, 2020; Triomphe et al., 2012). En este trabajo sobresale la dimensión técnica y la de liderazgo, donde se destaca la participación continua y comprometida de los agricultores y el INIFAP para superar las barreras y apropiarse del nuevo genotipo de piña y del paquete de innovaciones que se fue gestando. A este respecto Livojinovic et al. (2020) indican que el espíritu emprendedor y el entusiasmo son factores significativos en el éxito de las innovaciones.

Tercero, proximidad geográfica con EE. UU.: la cercanía con EE. UU. sigue siendo una ventaja comparativa clave de México con respecto a otros países productores de piña. Los envíos por tierra a la frontera tardan tan sólo dos días a través de las localidades fronterizas de Texas, donde atraviesa alrededor del 80% de las exportaciones de piña mexicana. En contraste, la fruta de Costa Rica viaja por mar y puede demorar una o dos semanas, lo cual requiere una logística más compleja a nivel portuario. Cuarto, mercado interno grande: el mercado doméstico de piña en comparación con el de exportación es grande; tradicionalmente el 70% de la producción de piña se ha destinado al mercado en fresco, el 20% al procesamiento y sólo el 10% a la exportación (Reinhardt et al., 2019). Por tanto, la estructura tradicional del mercado de piña amortiguó los cambios acontecidos a nivel global. Actualmente, además del mercado de exportación, los supermercados nacionales tienen un protagonismo pujante en la comercialización de MD-2, a tal grado que hace algunos años la piña Cayena Lisa quedó desplazada de estos espacios de comercialización modernos, teniendo como destino primordial las centrales de abastos y mercados públicos.

En México la dinámica de innovación desarrollada ha permitido dos resultados en la actividad de piña. Primero, un amplio conjunto de avances tecnológicos, prácticas y procesos de producción están ahora disponibles y son aplicados

entre los agricultores (Reinhardt et al., 2019; Uriza et al., 2018). Segundo, parte de los agricultores se han actualizado en la cadena de valor, de tal forma que se ha gestionado un nuevo subsistema el cual coexiste con los subsistemas tradicionales; este nuevo subsistema denominado como subsistema especializado se caracteriza por estar más integrado con espacios para la innovación continua y dominado primordialmente con agricultores grandes, de corte empresarial.

Por otro lado, aunque todas las funciones fueron convenientes en el proceso de adopción de la piña MD-2, se considera pertinente agregar otra función que haga referencia a la capacidad que se tiene para recibir una nueva tecnología y adaptarla a las condiciones locales (Edsand, 2017; van Alphen et al., 2008). Esta capacidad facilita la apropiación de una tecnología y los conocimientos producidos que se gestan exógenamente y, por tanto, debe analizarse de forma separada de la función desarrollo de conocimiento. En México el sistema de innovación piña fue capaz de reaccionar en forma oportuna a las necesidades que acompañaron al híbrido MD-2 explicado por: i) la experiencia acumulada en la piña Cayena Lisa; ii) el capital humano existente, el cual se adaptó a las nuevas circunstancias y adquirió nuevas habilidades; iii) la disposición de los agricultores de corte empresarial a hacer importantes inversiones en tecnología de punta y; iv) la filtración de innovaciones hacia agricultores medianos y pequeños, quienes adaptaron la tecnología a sus necesidades y posibilidades.

4.6 Conclusión

Las funciones consideradas por el marco analítico del sistema de innovación se utilizaron para comprender los procesos de innovación que permitieron el éxito de la cadena de valor de la piña MD-2 en el mundo y particularmente en México. En las dos fases analizadas todas las funciones **fueron importantes**, de este modo, el éxito de la expansión de la piña MD-2 puede explicarse en buena parte por el cumplimiento de todas las funciones, las cuales interactuaron positivamente y se reforzaron entre sí, creando círculos virtuosos. La

información proporcionada por las funciones muestra la pertinencia de utilizarlas en el análisis del contexto agrícola de un país en desarrollo.

La orientación al mercado se manifiesta como el principal detonante para la búsqueda y adopción de nuevas tecnologías, y por tanto para la activación de las funciones del sistema de innovación, es decir, la búsqueda de nuevos genotipos de piña fresca se guio con una lógica de mercado. En México, la aceleración de la difusión de MD-2 solo fue posible cuando el material vegetal fue de dominio público y ya se había formado un mercado. De este modo, la formación de mercado fue el impulso inicial para que los agricultores de piña en México empezaran a producir la piña MD-2, adoptándose primeramente por agricultores de corte empresarial, y filtrándose luego a agricultores medianos y pequeños.

Ahora bien, aunque a nivel nacional todas las funciones fueron habilitadas, son las actividades empresariales la función predominante en el SI, estas actividades han sido guiadas principalmente por los grandes productores y las agroindustrias de empaque. La presencia de estos actores resultó fundamental pues han mantenido un compromiso sostenido con la innovación y se han situado como un cuadro de defensores atrayendo innovaciones complementarias críticas.

En el despliegue de las funciones del SI, se destaca el aprovechamiento de las ventajas comparativas, como la proximidad geográfica a los EE. UU. y el gran mercado interno de piña, esto en el caso de México; o la complementariedad de la piña con el plátano en la cadena logística y el entorno institucional en el caso de Costa Rica.

Finalmente, la introducción y el escalamiento de una nueva tecnología de producto, como lo es el híbrido MD-2, no es un proceso que ocurra de forma aislada e inmediata, pues existen otros factores críticos no tecnológicos, por ejemplo, organizativos y comerciales, que contribuyen a capturar el uso y la coevolución de una tecnología. Por tanto, no comprender su papel puede llevar

a iniciativas poco efectivas, como ha ocurrido en la introducción de otros cultivos.

4.7 Literatura citada

- Acuña González, G. (2004). *Diagnóstico, situación y condiciones de la agroindustria piñera en Costa Rica*. ASEPROLA (Asociación Servicios de Promoción Laboral).
- Amankwah, K., Klerkx, L., Oosting, S. J., Sakyi-Dawson, O., van der Zijpp, A. J., & Millar, D. (2012). Diagnosing constraints to market participation of small ruminant producers in northern Ghana: An innovation systems analysis. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 60–63, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2012.06.002>
- ASERCA. (2000, October). La Producción de Piña en México, Historia de un Patrimonio Regional. *Claridades Agropecuarias*, 3–41. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/086/ca086.pdf>
- Audouin, S., Gazull, L., & Gautier, D. (2018). Territory matters: Exploring the functioning of an innovation system through the filter of local territorial practices - the example of the adoption of cashew trees in Burkina Faso. *Journal of Rural Studies*, 63(February), 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.08.007>
- Banco Mundial. (2008). *Incentivar la innovación agrícola: Cómo ir más allá del fortalecimiento de los sistemas de investigación*. Mayol Ediciones.
- Bartholomew, D. P. (2009). MD-2 Pineapple Transforms the World's Pineapple Fresh Fruit Export Industry. *Pineapple News*, 16, 2–5. <http://www.ishshorticulture.org/workinggroups/pineapple/PineNews16.pdf>
- Bartholomew, D. P., Hawkins, R. A., & Lopez, J. A. (2012). Hawaii Pineapple: The Rise and Fall of an Industry. *HortScience*, 47(10), 1390–1398. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.10.1390>
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37, 407–429. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>
- Bolwig, S., Ponte, S., du Toit Riisgaard, Lone, A., & Halberg, N. (2010). Integrating poverty and environmental concerns in to value chain analysis. A conceptual framework. *Development Policy Review* 28 (2), 28(2), 173–194. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7679.2010.00480.x>
- Bonatti, J., Borge, C., Herrera, B., & Paaby, P. (2006). *Efectos ecológicos del cultivo de la piña en la cuenca media del Río General-Térraba de Costa Rica*. (Issue 4).
- Borremans, L., Marchand, F., Visser, M., & Wauters, E. (2018). Nurturing

- agroforestry systems in Flanders: Analysis from an agricultural innovation systems perspective. *Agricultural Systems*, 162(January), 205–219. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.004>
- Busse, M., Schwerdtner, W., Siebert, R., Doernberg, A., Kuntosch, A., König, B., & Bokelmann, W. (2015). Analysis of animal monitoring technologies in Germany from an innovation system perspective. *Agricultural Systems*, 138, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.05.009>
- CBI. (2018). *Exporting fresh pineapple to Europe*. <https://www.cbi.eu/market-information/fresh-fruit-vegetables/pineapple>
- Clark, N., Hall, A., Sulaiman, R., & Naik, G. (2003). Research as Capacity Building: The Case of an NGO Facilitated Post-Harvest Innovation System for the Himalayan Hills. *World Development*, 31(11), 1845–1863. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.04.001>
- Del Monte. (1997). *Fresh Del Monte Produce Inc. 1997 Annual Report*. <http://www.annualreports.com/Company/fresh-del-monte-produce-inc>
- Del Monte. (2017). *Fresh Del Monte Produce Inc. 2017 Annual Report*. <http://www.annualreports.com/Company/fresh-del-monte-produce-inc>
- Duhalt Gómez, A. (2001). *La producción de piña en la Cuenca Baja del Papaloapan: un análisis de su crisis en 2000 y 2001*. Universidad Veracruzana.
- Edsand, H.-E. (2017). Identifying barriers to wind energy diffusion in Colombia: A function analysis of the technological innovation system and the wider context. *Technology in Society*, 49, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2017.01.002>
- FAO. (2019). *FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <http://faostat.fao.org/>
- Fold, N., & Gough, K. V. (2008). From smallholders to transnationals: The impact of changing consumer preferences in the EU on Ghana's pineapple sector. *Geoforum*, 39, 1687–1697. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2008.06.004>
- Frank, R. (2003). *Going for "The Gold" Turns Pineapple World Upside Down*. <http://www.wsj.com/articles/SB106547519013120400>
- Gonsalves, J. F. (2001). Going to scale: What we have garnered from recent workshops. *LEISA*, 17(3), 6–10.
- Greig, I. (2004). Pineapple Wars Redux. *Chronica Horticulturae*, 44(2), 5.
- Haase, R., Bielicki, J., & Kuzma, J. (2013). Innovation in emerging energy technologies: A case study analysis to inform the path forward for algal biofuels. *Energy Policy*, 61, 1595–1607. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.029>
- Hall, A. (2006). Public private sector partnerships in an agricultural system of innovation: concepts and challenges. In *MERIT Working Papers*.

- Hawkins, R. (2009). Advertising and the Hawaiian Pineapple Canning Industry, 1929-39. *Journal of Macromarketing*, 29(2), 172–192. <https://doi.org/10.1177/0276146708329245>
- Hekkert, M.P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Hekkert, Marko P., & Negro, S. O. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting & Social Change*, 76, 584–594. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.04.013>
- Inter-American Development Bank. (2007). Mobilizing Aid for Trade : Focus on Latin America and Caribbean. *Proceedings of the Regional Review Meeting*, 179–189.
- Janick, J. (2003). Pineapple Wars. *Chronica Horticulturae*, 43(4), 17.
- Jiménez Díaz, J. A. (1999). *Manual práctico para el cultivo de piña de exportación*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Joy, P. P., & Sumanthi, A. (2017). Pineapple. In K. V. Peter (Ed.), *Genesis and evolution of horticultural crops* (Issue I, pp. 263–295). Kruger Brentt Publishers UK.
- Kebebe, E. (2019). Bridging technology adoption gaps in livestock sector in Ethiopia: A innovation system perspective. *Technology in Society*, 57, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.12.002>
- Kruger, H. (2017). Creating an enabling environment for industry-driven pest suppression: The case of suppressing Queensland fruit fly through area-wide management. *Agricultural Systems*, 156(August 2016), 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.05.008>
- Lamprinopoulou, C., Renwick, A., Klerkx, L., Hermans, F., & Roep, D. (2014). Application of an integrated systemic framework for analysing agricultural innovation systems and informing innovation policies: Comparing the Dutch and Scottish agrifood sectors. *Agricultural Systems*, 129, 40–54. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.001>
- Läpple, D., Renwick, A., Cullinan, J., & Thorne, F. (2016). What drives innovation in the agricultural sector? A spatial analysis of knowledge spillovers. *Land Use Policy*, 56, 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.032>
- Lee, J., Gereffi, G., & Beauvais, J. (2012). Global value chains and agrifood standards: Challenges and possibilities for smallholders in developing countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31), 12326–12331. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913714108>
- Livojinovic, I., Weiss, G., Wilding, M., Wong, J. L. G., & Ludvig, A. (2020).

- Experiencing forest products – An innovation trend by rural entrepreneurs. *Land Use Policy*, 94, 104506. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104506>
- Low, J. W., & Thiele, G. (2020). Understanding innovation: The development and scaling of orange-fleshed sweetpotato in major African food systems. *Agricultural Systems*, 179, 102770. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102770>
- Maru, Y. T. (2018). Summary: Critical reflection on and learning from Agricultural Innovation Systems (AIS) approaches and emerging Agricultural Research for Development (AR4D) practice. *Agricultural Systems*, 165, 354–356. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.07.012>
- Morton, J. F. (1987). Pineapple. In J. F. Morton (Ed.), *Fruits of warm climates* (Creative R, pp. 18–28). <https://hort.purdue.edu/newcrop/morton/pineapple.html>
- Obando Campos, A. (2017). El Estado detrás de la piña: el desarrollo de los monocultivos de exportación en la Región Huetar Norte de Costa Rica. 9° Congreso Latinoamericano de Ciencia Política, 33.
- Ogata, T., Yamanaka, S., Shoda, M., Urasaki, N., & Yamamoto, T. (2016). Current status of tropical fruit breeding and genetics for three tropical fruit species cultivated in Japan: pineapple, mango, and papaya. *Breeding Science*, 66(1), 69–81.
- Ortiz, O., Orrego, R., Pradel, W., Gildemacher, P., Castillo, R., Otiniano, R., Gabriel, J., Vallejo, J., Torres, O., Woldegiorgis, G., Damene, B., Kakuhenzire, R., Kasahija, I., & Kahiu, I. (2013). Insights into potato innovation systems in Bolivia, Ethiopia, Peru and Uganda. *Agricultural Systems*, 114, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.08.007>
- Pay, E. (2009). *The market for organic and fair-trade mangoes and pineapples*. FAO.
- Quijandría, G., Berrocal, J., & Pratt, L. (1997). *La Industria de la Piña en Costa Rica. Análisis de Sostenibilidad* (INCAE Working Papers CEN 707).
- Reardon, T., Barrett, C. B., Berdegue, J. A., & Swinnen, J. F. M. (2009). Agrifood Industry Transformation and Small Farmers in Developing Countries. *World Development*, 37(11), 1717–1727. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.08.023>
- Rebolledo Martínez, A., Uriza Ávila, D. E., del Ángel Pérez, A. L., Rebolledo Martínez, L., & Zetina Lezama, R. (2011). *La piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Rebolledo Martínez, A., Uriza Ávila, D. E., & Rebolledo Martínez, L. (1998). *Tecnología para la producción de piña en México*. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan.

- Reinhardt, D. H., Uriza, D., Soler, A., Sanewski, G., & Rabie, E. C. (2019). Limitations for pineapple production and commercialization and international research towards solutions. *Acta Horticulturae*, 1239, 51–64. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1239.7>
- Rohrbach, K. G., Leal, F., & Coppens d'Eeckenbrugge, G. (2003). History, Distribution and World Production. In D. P. Bartholomew, R. . Paul, & K. G. Rohrbach (Eds.), *The pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 1–12). CAB Internacional.
- Sánchez Peña, J. V., & Caraveo López, F. de J. (1996). *El Sistema-Producto Piña en México: Situación, problemática y alternativas*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Sartas, M., Schut, M., Stoian, D., Velasco, C., Campilan, D., Thiele, G., & Leewis, C. (2017). *Scaling Readiness. Accelerating the scaling of RTB innovations*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19246.92481>
- Secretaría de Economía. (2019). *Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI)*. <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- SIAP. (2019). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON)*.
- Suurs, R. A. . (2009). *Motors of Sustainable Innovation-Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems*. Utrecht University.
- Suzuki, A. (2014). The Fresh Pineapple Export Industry in Ghana: The Role of Smallholders in the High-Value Horticultural Supply Chain. In T. Fukunishi (Ed.), *Delivering Sustainable Growth in Africa: African Farmers and Firms in a Changing World* (pp. 54–106). Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/9781137377821>
- Torres Ávila, A., & Aguilar Ávila, J. (2019). Dinámica de la producción de piña en México y en Costa Rica. *Acta Horticulturae*, 1239, 1–8. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1239.1>
- Triomphe, B., Floquet, A., Kamau, G., Letty, B., Davo Vodouhe, S., N'gan'ga, T., & Hocdé, H. (2012). What does an inventory of recent innovation experiences tell us about agricultural innovation in Africa? *10th European IFSA Symposium*, 10.
- UN COMTRADE. (2019). <https://comtrade.un.org/>
- United Nations UNCTAD. (2016). *Pineapple: An INFOCOMM Commodity Profile*.
- Uriza, D. E., Torres, A., Aguilar, J., Santoyo, V. H., Zetina, R., & Rebolledo, A. (2018). *La piña mexicana frente al reto de la innovación* (1st ed.). Universidad Autónoma Chapingo.
- UTEPI. (2006). *Piña. Estudio Agroindustrial en el Ecuador: Competitividad de la Cadena de Valor y Perspectivas de Mercado*. Programa Integrado MICIP-ONUDI.
- Vagneron, I., Faure, G., & Loeillet, D. (2009). Is there a pilot in the chain?

- Identifying the key drivers of change in the fresh pineapple sector. *Food Policy*, 34, 437–446. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2009.05.001>
- van Alphen, K., Hekkert, M. P., & van Sark, W. G. J. H. M. (2008). Renewable energy technologies in the Maldives—Realizing the potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(1), 162–180. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.07.006>
- Wieczorek, A. J., & Hekkert, M. P. (2012). Systemic instruments for systemic innovation problems: A framework for policy makers and innovation scholars. *Science and Public Policy*, 39, 74–87. <https://doi.org/10.1093/scipol/scr008>
- Williams, D. D. F., & Fleisch, H. (1993). Historical review of pineapple breeding in Hawaii. *Acta Horticulturae*, 334, 67–76. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.334.7>
- Woltering, L., Fehlenberg, K., Gerard, B., Ubels, J., & Cooley, L. (2019). Scaling – from “reaching many” to sustainable systems change at scale: A critical shift in mindset. *Agricultural Systems*, 176, 102652. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102652>

CAPÍTULO 5 DINÁMICA DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CEBADA MALTERA DESDE UNA PERSPECTIVA DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN

Resumen

En esta investigación se analiza la trayectoria socio-técnica del cultivo de cebada maltera en México, enfatizando su interdependencia con la industria maltera y cervecera. Para ello se analizaron las funciones del sistema de innovación pues, permiten lograr un mejor entendimiento del proceso y dinámica de las innovaciones a través del tiempo. Los hallazgos obtenidos mostraron cinco etapas bien definidas en la trayectoria del cultivo de la cebada, caracterizadas por el papel preponderante de la industria cervecera quien ha funcionado como un agente líder en la cadena de valor para la promoción de la innovación, especialmente al establecer requisitos de calidad, cantidad y entrega. Bajo las condiciones actuales, la relación entre la industria cervecera y los proveedores ha tomado una mayor relevancia para definir relaciones de proveeduría de largo plazo y más estrechas.

Palabras clave: Cadena de valor, Funciones del sistema de innovación, Agroindustria, Cerveza.

Abstract

This research presents an analysis of the socio-technical trajectory of malting barley cultivation in Mexico, emphasizing its interdependence with the malting and brewing industry. For this purpose, the functions of the innovation system were analysed, as they allow for a better understanding of the process and dynamics of innovations over time. The findings showed five well-defined stages in the trajectory of barley cultivation, characterized by the predominant role of the brewing industry, which has functioned as a leading agent in the value chain for the promotion of innovation, especially in establishing requirements for quality, quantity and delivery. Under current conditions, the relationship between the brewing industry and suppliers has taken on greater relevance in defining long-term and closer supplier relationships.

Keywords: Value chain, Functions of the innovation system, Agro-industry, Beer

5.1 Introducción

La industria cervecera en México es uno de los sectores más dinámicos e importantes con una larga trayectoria caracterizada por la exitosa acumulación de capacidades tecnológicas y empresariales en grandes empresas mexicanas, con una industria integrada verticalmente. A la par con este desarrollo la industria también se ha caracterizado por una concentración gradual de la producción de cerveza en pocas empresas, lo cual finalmente condujo a la formación de un duopolio en la década de 1980, integrado por el Grupo Modelo (GM) y la cervecería Cuauhtémoc-Moctezuma (CM) (Núñez, 2019).

Estas dos cerveceras cuyo principal medio de crecimiento y expansión se dio a través de fusiones, adquisiciones y alianzas estratégicas con otras cerveceras nacionales e internacionales, dejaron de ser empresas con capital primordialmente mexicano. En 2010 FEMSA intercambió el 100% de las acciones de FEMSA Cerveza (Cuauhtémoc-Moctezuma) por el 20% de las acciones de la empresa holandesa Heineken mundial, y en el 2013 se concretó la venta del Grupo Modelo a la cervecera más importante a nivel mundial, la firma belga-brasileña Anheuser-Busch InBev (AB InBev), dándole una participación del 95%. Actualmente estas dos empresas transnacionales controlan el 40% de la producción y comercialización de la cerveza en el mundo, AB InBev con el 29% de la participación y Heineken con el 12% (Barth-Haas/Group, 2019). Es de mencionarse que en el año 2003 al menos 10 empresas representaban el 43% del mercado, lo que significa una alta concentración de la industria cervecera en pocos años.

En este panorama, México se ha colocado como uno de los principales productores de cerveza, ocupando el cuarto lugar con 11.98 millones de litros después de China, Estados Unidos y Brasil (Kirin Holdings Company, 2019). Aunado a lo anterior, el país ocupa el primer lugar en las exportaciones de cerveza con una participación del 27% en la cuota de mercado (TRADE MAP, 2020). Es así como, el dinamismo que tiene la industria cervecera, la ubican

como una actividad altamente generadora de empleos (55 mil empleos directos y 650 mil indirectos e inducidos).

Ahora bien, al hablar de la industria cervecera y su dinamismo, es necesario ubicarla en la cadena de valor cebada-malta-cerveza para mostrar su complejidad y amplitud. Esta cadena incluye los siguientes eslabones: suministro de insumos, el cultivo de cebada, la producción de malta, la elaboración de cerveza, la comercialización y el consumo. En general, esta cadena ha presentado diversos cambios en los procesos y el equipo a lo largo del tiempo, lo cual ha propiciado mejoras significativas en la eficiencia, afectando todas las etapas del proceso de producción y distribución de cerveza (Vera-Cruz, 2004).

De este modo, la innovación no ha estado alejada de esta cadena de valor. Bamforth (2000) señala que el malteado y la elaboración de cerveza se han convertido en procesos muy eficientes, esto gracias al aumento de los conocimientos científicos que ha dado origen a nuevas tecnologías, aplicadas en cada uno de los eslabones correspondientes. Este mismo autor identifica cuatro fuerzas que impulsan la innovación en la cadena de valor: i) ahorro de costos; ii) mejora de la calidad; iii) seguridad y salubridad; y iv) oportunidades de ventas mejoradas.

El presente documento se centra específicamente en los procesos de cambio en el eslabón de la proveeduría de cebada, esto sin dejar de reconocer que forma parte de un sistema de innovación más amplio, el cual incluye los demás eslabones mencionados. El objetivo fue analizar la dinámica socio-técnica del cultivo de cebada maltera en México y su interdependencia con la industria maltera y cervecera, para identificar los principales procesos de innovación, actores involucrados y desafíos enfrentados.

En México la cebada debe su crecimiento a la industria maltera y cervecera, quien promovió su producción a partir de la década de 1960. El dinamismo de esta industria convirtió a la cebada en un cultivo de gran importancia para el

país, ofreciendo una alternativa de producción en las áreas de temporal de los Valles Altos de la Mesa Central. La producción de cebada históricamente ha sido sostenida por la demanda de malta, pues el uso que se le da como forraje es mínimo. De este modo, el rendimiento de este cultivo ha tenido un ritmo de crecimiento de 2.3% anual, pasando de 0.74 a 2.8 t / ha en el periodo de 1961-2018. En la actualidad, con 352,113 hectáreas, la producción de cebada se sigue manteniendo en tres regiones: el 62% de la superficie concentrada en el Altiplano, el 23% en el Bajío y el 14% en el Centro- Norte (Figura 15).

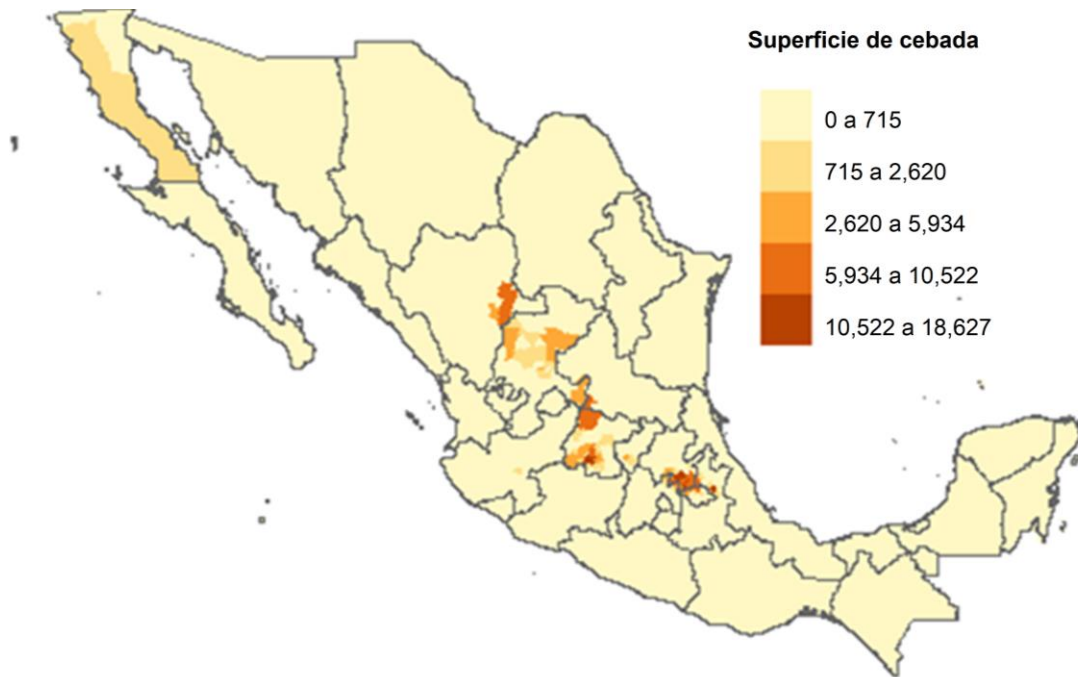


Figura 15. Distribución de la superficie sembrada de cebada en México según las hectáreas cultivadas.

Fuente: elaboración propia con datos del SIACON-SIAP (2017).

La industria cervecera controla a la industria maltera y es quien dicta las especificaciones que el grano de cebada debe cumplir para ser transformada por los industriales de malta. Esto conlleva a que se tenga una estrecha relación entre el eslabón de la producción de cebada y el de la malta. En estas circunstancias los requisitos para la cerveza se transmiten hacia atrás en la cadena de valor, y terminan como demandas en el grano de cebada, el cual es

entregado por los agricultores a la industria maltera. De este modo, para responder a los requisitos de la industria cervecera, los cuales han evolucionado con el tiempo, se han inducido cambios en la producción primaria que han detonado en procesos de innovación. Estos procesos incluyen la aparición de nuevas trayectorias tecnológicas y cambios socio-técnicos, cuyo entendimiento y forma de influir ha recibido cada vez más atención en la literatura científica.

5.2 Abordaje teórico metodológico

Un sistema de innovación se define como una red de organizaciones, empresas e individuos enfocados a traer nuevos productos, nuevos procesos y nuevas formas de organización para el uso social y económico, junto con las instituciones y políticas que afectan su comportamiento y desempeño innovador (Sulaiman, 2015). Este concepto ha ganado cada vez más importancia como un enfoque teórico para ayudar a comprender cómo se produce el proceso de innovación y pensar cómo se puede desarrollar la capacidad de innovación (Hall et al., 2009). A este respecto, la contribución de este enfoque se produce de dos maneras. Primero, destaca que la innovación es un proceso interactivo que involucra la participación de diferentes actores, los cuales aportan diferentes tipos de conocimiento y recursos. Segundo, subraya la importancia de la influencia de las instituciones en los procesos de innovación, las cuales rigen el comportamiento de los actores y sus roles (Banco Mundial, 2008; Hall et al., 2003; Hall, 2006).

Un sistema de innovación se integra de: i) componentes estructurales (los actores, las redes y las instituciones), los cuales conforman la parte operativa del sistema; ii) los vínculos entre los componentes estructurales; y iii) las propiedades de los componentes y sus relaciones, las cuales se expresan en las funciones del sistema de innovación y representan el aspecto dinámico de un sistema (Carlsson et al., 2002). Las funciones de un sistema incluyen a las actividades empresariales, desarrollo y difusión de conocimiento, la orientación

a búsqueda, la formación de mercado, la movilización de recursos y la creación de legitimidad (Bergek et al., 2008).

De esta manera, la maduración de una innovación está influenciada por el desarrollo del sistema donde se inserta y viceversa, lo cual muestra un ejemplo de coevolución. En otras palabras, la dirección y velocidad de las innovaciones varían de acuerdo con cómo se organizan los sistemas de innovación; y en la medida que la innovación madura, el sistema crece, creando una trayectoria de desarrollo conjunta.

El crecimiento del sistema se explica por una base de conocimientos cada vez más amplia, nuevos participantes con recursos y capacidades diversas que tienen interés en colaborar, así como arreglos institucionales que contribuyen favorablemente en el desarrollo y sostenibilidad de la innovación (van Alphen et al., 2009).

Así, después de las consideraciones anteriores, las cuales dan cuenta de las características del sistema de innovación y su desarrollo en el largo plazo, se considera que para el estudio de un sistema de innovación es necesario privilegiar su análisis en términos dinámicos y considerar su trayectoria de manera retrospectiva. Esto permite lograr un mejor entendimiento del proceso y dinámica de las innovaciones a través del tiempo.

5.3 Metodología

La información se obtuvo de diferentes fuentes, tanto documentales como empíricas, y su recopilación fue un proceso iterativo, el cual terminó cuando no se hizo evidente más información relevante. Primero, se realizó un análisis de contenido de una gran variedad de documentos relacionados a la producción de cebada maltera (37) desde sus inicios en la década de 1950, incluidos artículos científicos y de difusión, periódicos, libros, boletines, tesis, folletos, informes, documentos de sitios web, entre otros. Además, se hicieron entrevistas semiestructuradas a trece informantes claves con amplia experiencia en la actividad. Las entrevistas siguieron una guía común de preguntas relacionadas

a la investigación y transferencia de tecnología en el cultivo de cebada durante los últimos años. Los actores entrevistados fueron asesores técnicos, investigadores, personal de la industria cervecera, entre otros. Asimismo, se recabó información estadística de bases de datos oficiales (SIAVI, SIACON, INEGI y FAOSTAT), donde se seleccionaron series temporales de las variables superficie cosechada, rendimiento, producción, precio medio rural, importaciones y exportaciones de la cebada.

Con parte de la información estadística oficial se cuantificó el consumo nacional aparente de cebada en el periodo de 1961 a 2017, para ello se resolvió la siguiente ecuación:

$$CNA = P_i + I_i - E_i$$

CNA= Consumo Nacional Aparente
P_i = Producción anual de cebada
I_i = Importación anual de cebada y malta
E_i = Exportación anual de cebada y malta

La producción incluye la cantidad de cebada grano producida anualmente. En el caso de las importaciones y exportaciones se incluye los volúmenes tanto de la cebada grano como de la malta. Los volúmenes de malta se calcularon en su equivalente de cebada, donde una tonelada de cebada equivale a 750 kg de malta.

Adicionalmente se cuantificaron los factores explicativos del crecimiento de la producción de cebada en México en tres periodos comprendidos entre 1965-2018, esto a través del cálculo de su Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA). La finalidad de este procedimiento fue explicar el crecimiento de la producción de cebada en los periodos definidos, y conocer la vía de crecimiento predominante. De acuerdo con esta metodología, el crecimiento de la producción se explica por el incremento de la superficie, el rendimiento y la interacción entre ambas variables. Se designa crecimiento extensivo cuando el incremento de la producción de un cultivo se basa primordialmente en el aumento de la superficie; y crecimiento intensivo cuando la mayor parte de la

producción es resultado del incremento en el rendimiento, lo cual a su vez se relaciona con un mayor desarrollo tecnológico.

Para ello se resolvieron las siguientes ecuaciones (Cruz-Delgado et al., 2013):

$$E.S. = \left\{ \left[\left(\frac{S_{i(j)} * R_{i(0)} * P_{i(0)}}{S_{i(0)} * S_{i(0)} * S_{i(0)}} \right)^{\frac{1}{n-1}} \right] - 1 \right\} * 100 \quad E.R. = \left\{ \left[\left(\frac{S_{i(0)} * R_{i(j)} * P_{i(0)}}{S_{i(0)} * S_{i(0)} * S_{i(0)}} \right)^{\frac{1}{n-1}} \right] - 1 \right\} * 100$$

$$E.C. = E.S * E.R$$

E.S. = Efecto superficie

n = número de años en estudio

Si(j) = Superficie del año de estudio

E.R. = Efecto rendimiento

Ri(0) = Rendimiento del año base

Ri(j) = Rendimiento del año en estudio

Pi(0) = Precio del año base

E.S. = Efecto combinado.

Si(0) = Superficie del año base

Por otro lado, la información obtenida en los tres tipos de fuentes se sistematizó en orden cronológico, identificando eventos y actores involucrados. De este modo, a partir de la información sistematizada se definieron cinco etapas en la trayectoria del cultivo. Con base en las etapas identificadas, los eventos se asignaron a una función particular del sistema, según fuera el caso. Este proceso se hizo de forma inductiva utilizando la información presentada en el Cuadro 9, en el cual se ofrece una visión general de las siete funciones del SI y el tipo de eventos asociadas a ellas. El siguiente paso fue su análisis, para ello se identificaron las secuencias de eventos generales, esto con el fin de definir patrones e interacciones entre funciones y, así, construir una narrativa que integrara el desarrollo del sistema de innovación cebada maltera.

Cuadro 9. Tipos de eventos como indicadores de las funciones del SI.

Función	Descripción	Tipos de eventos asociados
F1. Actividades empresariales	En el núcleo de cualquier SI están los empresarios, quienes prospectan y explotan oportunidades de negocio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Participación privada en proyectos de innovación ➤ Inversiones privadas en una nueva tecnología
F2. Desarrollo del conocimiento	Involucra la investigación y creación de conocimientos, requisitos previos para la innovación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Proyectos de investigación científica ➤ Publicaciones científicas ➤ Patentes
F3. Difusión de conocimiento	Se refiere al intercambio de conocimientos y aprendizajes a través de las redes de actores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actividades de difusión (talleres, cursos, capacitaciones) ➤ Redes de información
F4. Orientación de la búsqueda	Se refiere a las actividades que dan forma a las necesidades, requisitos y expectativas de los actores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Documentos de visión compartida ➤ Acuerdos entre actores ➤ Reclamaciones ➤ Necesidades o problemas documentados
F5. Formación de mercado	Para que las nuevas tecnologías puedan posicionarse con frecuencia es necesario facilitar la creación de mercados, donde las nuevas tecnologías puedan desarrollarse	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desgravaciones fiscales ➤ Regulaciones que afectan directamente ciertos procesos de producción ➤ Promoción
F6. Movilización de recursos	En la realización de las actividades dentro del SI son necesarios recursos financieros, de capital y humanos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Subsidios ➤ Inversiones públicas y privadas ➤ Financiamiento
F7. Creación de legitimidad	Para que una tecnología se desarrolle y madure debe convertirse en parte del régimen existente e incluso tiene que derrocarlo. Por tanto, los actores deben crear un cabildeo o lobby político que contrarreste esta inercia y respalde la nueva tecnología.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actividades cabildeo o lobby ➤ Presión pública para resolver un problema

Fuente: elaboración propia, basado en Hekkert et al. (2007) y Hekkert y Negro (2009).

5.4 Resultados

El análisis de la información reveló cinco etapas en la trayectoria del sistema de innovación de la cebada maltera, las cuales reflejan la importancia y el interés del cultivo: i) Despegue del cultivo y primeros desarrollos; ii) expansión del cultivo y optimización de la actividad; iii) contracción de la producción en un contexto de apertura comercial; iv) reestructuración de la actividad hacia un enfoque de producción sustentable y local; y v) actualización tecnológica y estrategias dirigidas para el desarrollo de proveedores.

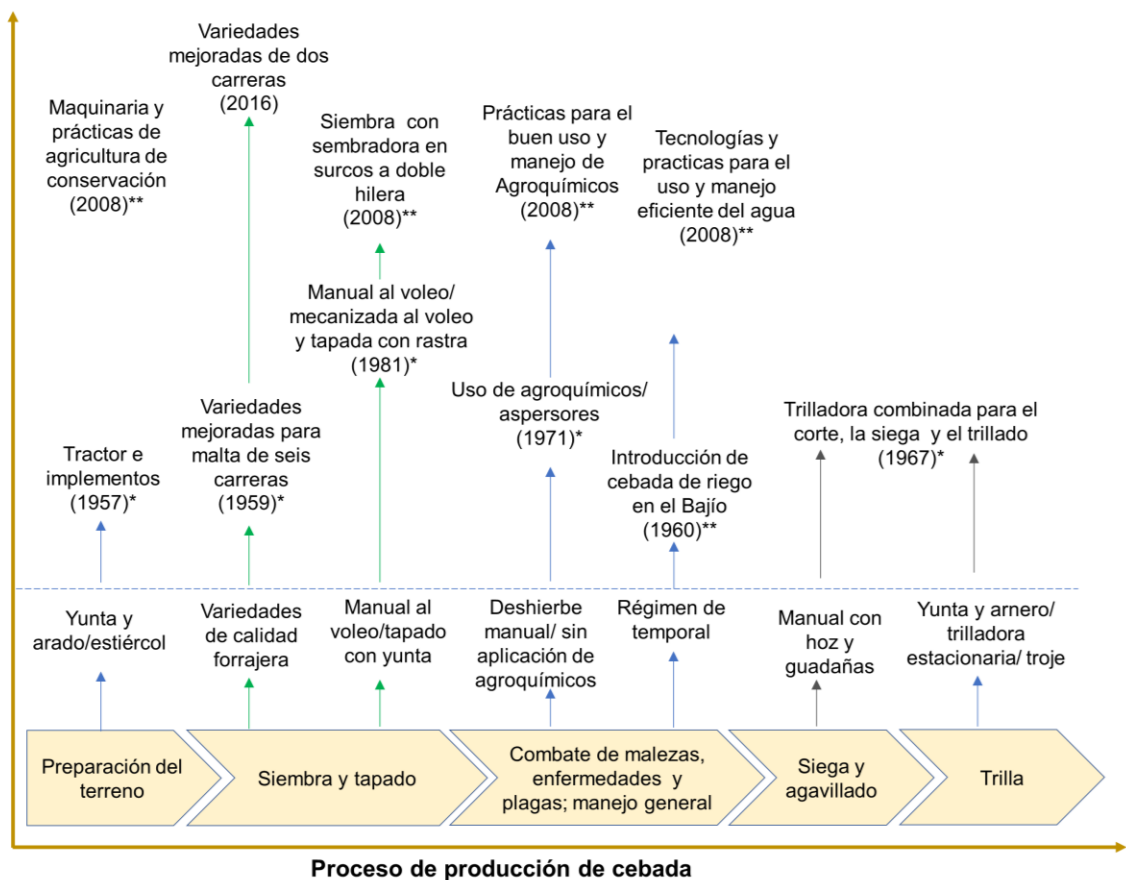


Figura 16. Desarrollo tecnológico en el cultivo de cebada maltera.

Nota: **Año de introducción de la tecnología o práctica; *Año en el que la tecnología o práctica tenía más adoptantes.

Fuente: elaboración propia a partir de información documental e información de campo.

En la Figura 16 se resumen las innovaciones más significativas que se han introducido y acumulado para la producción de cebada durante los periodos señalados. Dichas innovaciones se irán ubicando a lo largo de los periodos identificados, según corresponda.

5.4.1 Periodo I. Despegue del cultivo y primeros desarrollos (1940-1964)

Este periodo se caracteriza por la relevancia que la producción nacional de cebada comenzó a tener en la industria cervecera. Hasta 1940, la importancia de cebada en México residió en su uso como forraje para la alimentación de animales de carga. La industria cervecera, aunque ya estaba desarrollada, cubrió sus requerimientos de cebada con importaciones de malta. No obstante, durante la Segunda Guerra Mundial las cervecerías estuvieron imposibilitadas para importar malta y empezaron a elaborarla a partir de la cebada nacional disponible, la cual era de calidad forrajera (Medellín, 1980). Aunado al desabasto de malta, la industria cervecera empezó a expandirse, lo cual se vio reflejado en el crecimiento sostenido de la producción de cerveza (Figura 17). Este crecimiento es evidente a partir de la década de 1940, lo cual se explica por: i) el apoyo gubernamental a las actividades industriales en el marco del modelo de sustitución de importaciones; y ii) el aumento de la demanda de cerveza debido al intenso proceso de urbanización, al crecimiento económico y al aumento de los salarios de las zonas urbanas (Vera-Cruz, 2004). La tasa de crecimiento medio anual en el periodo de 1924 a 2014 fue de 5.7 %.

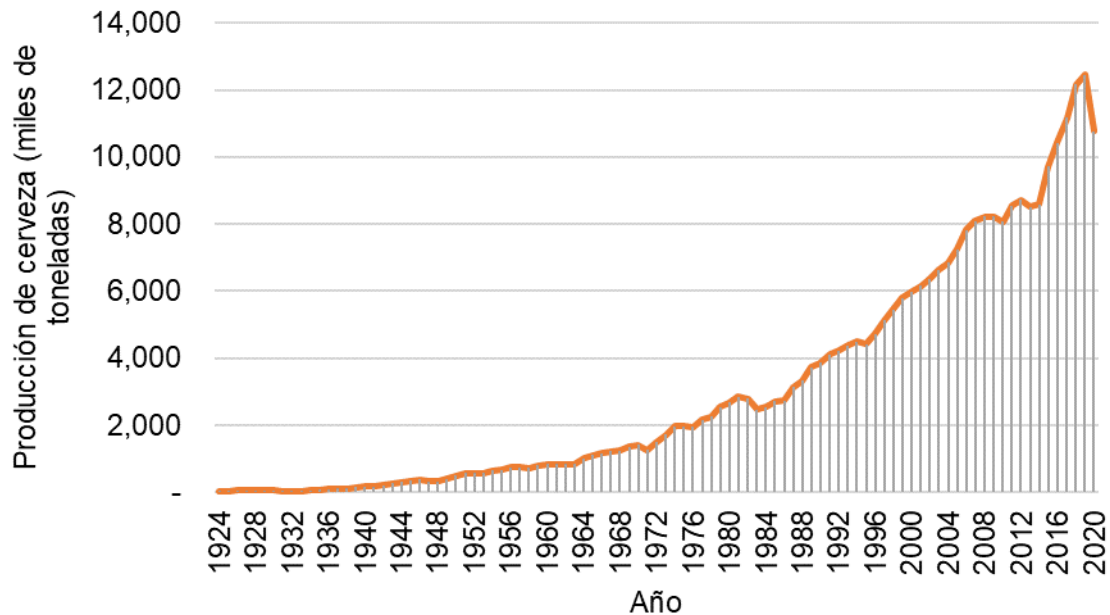


Figura 17. Producción de cerveza en México (1961 a 2013).

Fuente: elaboración propia con información de la FAOSTAT (2020) y INEGI (1999, 2021).

En estas circunstancias, cada una de las industrias cerveceras activas de ese entonces promovieron la siembra de cebada entre los agricultores. Las variedades que se promovieron se importaron del extranjero, principalmente de EE.UU. (Aguilar & Rindermann, 2004). Este cereal fue aceptado entre los agricultores pues representó la mejor alternativa en el ciclo de verano en áreas de temporal de los Valles Altos de la Mesa Central (Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla) y de la región Centro Norte (Chihuahua, Zacatecas y San Luis Potosí), así como siembras de invierno de otras regiones del país, como el Bajío (Guanajuato, Querétaro, Jalisco y Michoacán) (Zamora et al., 1997). Esto se explica por varias razones: i) entre los cereales, la cebada es la especie de ciclo más corto, siendo viable producir en un periodo libre de heladas y cuando las lluvias se retrasan, lo que en ocasiones no es posible lograr con otros cultivos, como maíz y trigo; ii) es más resistente al frío y tolerante a la sequía; y iii) su manejo es menos exigente en mano de obra y puede ser completamente

mecanizado en comparación con otros cultivos (Byerlee et al., 1980; Medellín, 1980).

Para el abasto de cebada, hasta 1957 las industrias cerveceras se valieron de sus respectivos distribuidores de cerveza en la región, los cuales en muchos de los casos se convirtieron en comisionistas, intermediarios y acaparadores (Vazquez, 1990). Esto generó una alta competencia por la materia prima y pronto se llegó a la conclusión de que esta forma de suministro causaba varios problemas. Como solución, en 1958, las tres principales cerveceras (Cervecería Cuauhtémoc, Cervecería Moctezuma y Grupo Modelo) fundaron a la empresa Impulsora Agrícola S.A de C.V. (IASA) (Aguilar & Rindermann, 2004) con la finalidad de promover la producción y coordinar la comercialización de la cebada y evitar la competencia entre las industrias malteras-cerveceras (Medellín, 1980). La IASA funcionó como el único oferente de semilla de cebada y comprador de grano del país, mediante un esquema de agricultura por contrato. Desde su operación, la IASA estuvo dedicada a impulsar la producción de mejores granos de cebada, a aplicar mejores prácticas y tecnologías y a distribuir el grano a las malteras de las cerveceras.

Con la IASA en funcionamiento, una dificultad que se hizo presente con las variedades promovidas, principalmente de calidad forrajera, fue el bajo rendimiento. Esto debido a la baja adaptación de las variedades, todas ellas traídas del extranjero, las cuales se acamaban, se desgranaban y eran tardías (Impulsora Agrícola, 1983). Además, la superficie sembrada en temporal fue severamente afectada por las enfermedades roya del tallo y los carbones cubierto y descubierto (Aguilar & Rindermann, 2004). Bajo estas circunstancias, la industria cervecera demandó acciones para posibilitar la continuidad del cultivo, estableciendo como objetivo el que los agricultores produjeran variedades apropiadas a las condiciones agroecológicas del país, con alto potencial de rendimiento, mejores características agronómicas y alta calidad maltera (Espinoza et al., 2005).

Por tanto, en 1958 se formalizó un convenio de concertación entre el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA, ahora INIFAP) y la industria cervecera a través de la IASA, mediante el cual la industria cervecera financiaría la investigación en cebada (Espinoza et al., 2005). Es de mencionarse que el antecedente inmediato de este convenio es la intervención de la Oficina de Estudios Especiales (OEE, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Ganadería y la Fundación Rockefeller), organismo que se fusionó con el Instituto de Investigaciones Agrícolas para dar lugar al INIA. Este organismo inició un programa de mejoramiento de cebada en 1946, experimentando inicialmente con variedades criollas forrajeras y otras introducidas por la industria cervecera.

En el convenio INIA-IASA se acordó el uso exclusivo de las variedades vegetales obtenidas a favor de la industria cervecera (Cebadas y Maltas S.A de C.V. Extractos y Maltas S.A, la Cervecería Cuauhtémoc-Moctezuma y la IASA), de ahí que la IASA se convirtiera en el único oferente de semillas de cebada maltera (Espinoza et al., 2005). En este convenio también se incluyeron como objetivos el desarrollo de paquetes tecnológicos para el manejo del cultivo en las diferentes regiones y la transferencia de tecnología (Espinoza et al., 2005).

Como resultado de los esfuerzos de investigación, en 1959 el INIA liberó la primera variedad nacional, Toluca I, resistente a la roya del tallo y de mejor calidad maltera, recomendada para siembras de riego y temporal de los Valles Altos de la Mesa Central. Entre 1959 y 1964 el INIA desarrolló y liberó tres variedades de cebada maltera (Cuadro 10).

Además del desarrollo varietal, mediante el cual se transitó de las variedades forrajeras a las variedades de calidad maltera, otro punto de inflexión en la producción de cebada fue la aplicación inicial de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas) y la mecanización de la actividad (Castro Pérez, 2006).

Cuadro 10. Variedades de cebada maltera desarrolladas en México.

Variedad	Obtentor	Año de liberación
Toluca	INIFAP	1959
Promesa	INIFAP	1963
Porvenir	INIFAP	1964
Apizaco	INIFAP	1966
Puebla	INIFAP	1974
Cerro prieto*	INIFAP	1975
Centinela*	INIFAP	1975
Tlaxcala	INIFAP	1977
Guanajuato*	INIFAP	1984
Cucapah 87*	INIFAP	1987
Esperanza*	INIFAP	1989
Esmeralda*	INIFAP	1993
Gabyota*	José Francisco Dávila Betancourt	1993
Adabella*	INIFAP	2004
Alina*	INIFAP	2006
Armida*	INIFAP	2006
Doña Josefa M08*	ICAMEX	2008

Fuente: elaboración propia con información de Córdova, Vásquez, & Rosario (2019) y otras fuentes documentales. *variedades registradas en el catálogo nacional de variedades.

Los fertilizantes basados en nitrógeno, potasio y fósforo desplazaron el uso del estiércol animal, residuos vegetales y otros. En la mecanización de las actividades destaca el uso del tractor y sus implementos, así como el uso de la sembradora y la trilladora. El tractor disminuyó el esfuerzo físico realizado con el arado movilizado por las yuntas (Byerlee et al., 1980). Posteriormente, en la década de 1960 se introdujeron las trilladoras combinadas mediante la cual se fusionaron los procesos de corte, siega y trillado. Con la fusión de estas actividades se eliminaron prácticas, tales como segar con hoz, amontonar la

cebada en gavillas y el acarreo hasta un área destinada para la trilla con yunta o en su caso con una trilladora estacionaria.

Con respecto a la siembra se introdujeron sembradoras que sustituyeron en parte la siembra manual al voleo (Castro, 2006). El método de siembra más empleado por los agricultores para sembrar, el cual aún persiste, consiste en arrojar la semilla al voleo y luego cubrirla con una rastra de discos, tirada por un tractor (Byerlee et al., 1980).

5.4.2 Periodo II. Expansión del cultivo y optimización de la actividad (1965-1982)

Este periodo se caracteriza por el incremento de la producción y por la consolidación en el uso de varias tecnologías cuya promoción se dio en el periodo anterior. Así, el cultivo de cebada mostró un incremento en la producción del 145%, lo cual se atribuye principalmente al crecimiento intensivo, vía rendimiento (111%) (Figura 18). Los cambios en las prácticas agrícolas se muestran como un factor explicativo clave en la evolución del rendimiento.

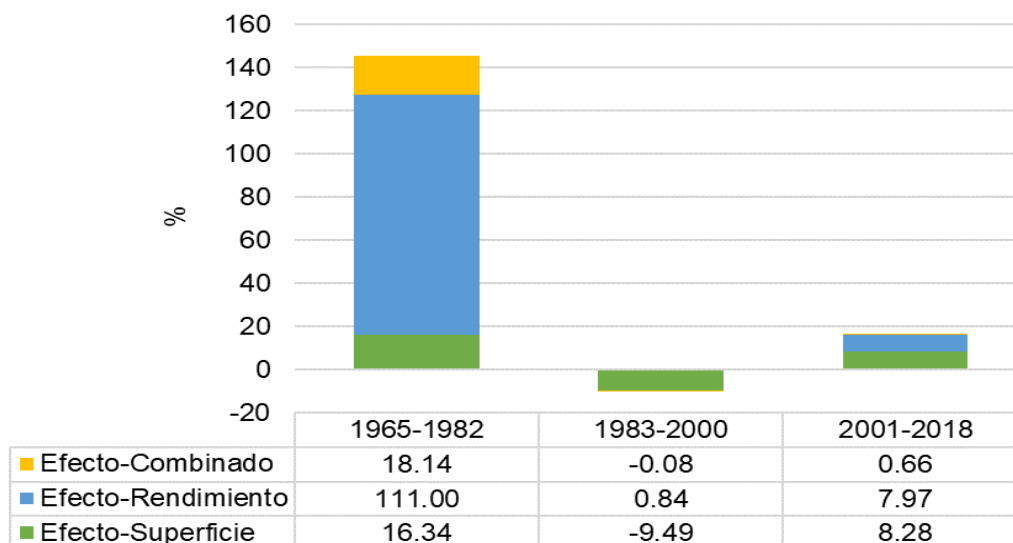


Figura 18. Dinámica de la producción de cebada en México, 1961-2018.

Fuente: elaboración propia con información de la FAOSTAT (2020).

Para 1982 la superficie de cebada fue de 230,782 hectáreas, distribuida en tres regiones, los Valles Altos de la Mesa Central con el 70%, el Centro-Norte con el 20% y el Bajío con el 9%. La superficie de este cultivo en las dos primeras regiones correspondió principalmente a siembras de temporal en el ciclo primavera-verano (P-V), mientras que en el Bajío son siembras de riego en el ciclo otoño-invierno (O-I). Estos resultados fueron posibles gracias al desarrollo de variedades adaptadas a la región, control más eficiente de plagas y enfermedades, aplicación de fertilizantes y mejoramiento en la tecnología de producción; esto como resultado de la revolución verde, iniciada en el primer periodo.

En este periodo se continuó con el mejoramiento vegetal. Si bien al hablar del mejoramiento genético de cebada el INIFAP (antes INIA) ha ocupado un rol preponderante, es importante destacar la relación de colaboración entre el INIFAP y el CIMMYT pues, aunque cada uno ha trabajado de forma separada, su relación se ha basado en el intercambio de germoplasma de cebada. Además, el CIMMYT se ha apoyado en algunos de los campos del INIFAP para establecer sus viveros de cebada en el invierno (CIMMYT, 1981).

El trabajo de CIMMYT en el mejoramiento genético de cebada tiene su origen en el año 1972 cuando esta institución comenzó a trabajar en la cebada como alimento humano. En 1982, este programa de mejora se llevó a cabo en colaboración directa con ICARDA (Centro Internacional de Investigación Agrícola en las Zonas Secas), Siria (CIMMYT, 1983). En 2007, el fitomejorador de cebada ICARDA responsable en México y América del Sur fue trasladado a la sede de ICARDA en Aleppo, Siria, sin embargo, las responsabilidades para la región no cambiaron. El rol de ICARDA en el mejoramiento genético ha sido exitoso en el desarrollo de germoplasma con resistencia a múltiples enfermedades para su uso en todo el mundo (Friedt et al., 2010).

En lo correspondiente al efecto de la superficie (16%) en el incremento de la producción, el crecimiento corresponde principalmente a las siembras de O-I cuyos rendimientos son superiores a las del ciclo P-V. Entre 1965 y 1982 la

superficie en O-I pasó de 2,995 a 58,688 hectáreas, 25 % de la superficie total de cebada. Esta superficie se estableció principalmente en la región del Bajío, donde la cebada se convirtió en una alternativa al trigo en condiciones de riego (Medellín E., 1980). Las razones que obedecen al posicionamiento de la cebada en el Bajío son: i) el aumento de la demanda del grano de cebada por la industria cervecera; ii) el número de riegos requeridos es menor que en el trigo, lo cual significa un menor costo y la seguridad del cultivo; y iii) un ciclo vegetativo más corto, lo que permite el establecimiento de maíz en el ciclo de P-V (Steffen Riedemann & Echanove, 2005).

Por otro lado, el auge de la cebada producida en un sistema de producción más intensivo en insumos y mecanizado, también se acompañó de cambios en la estructura de cultivos tradicionales en los Valles Altos. La cebada se convirtió en un cultivo alternativo a la siembra de maíz cuando las lluvias se retrasaban. Sin embargo, de ser un cultivo de rotación, la cebada pasó a ser un monocultivo desplazando al cultivo del maíz. Además, se empezó a desaparecer el sistema de metepantles, terreno de cultivo o semiterraza caracterizado por tener un bordo o muro de contención de tierra cultivado con magueyes. La eliminación de los metepantles facilitó la movilización del tractor y sus implementos, sin obstáculos. La remoción del maguey, lo mismo que en el maíz, se facilitó por considerarse como menos redituable y más exigente en mano de obra que la cebada (Byerlee et al., 1980).

5.4.3 Periodo III. Contracción de la producción en un contexto de apertura comercial (1983-2000)

En este periodo la producción decreció (8.73%), lo cual obedece a la disminución de la superficie (9.49%), primordialmente en las siembras de O-I. En el caso del crecimiento vía rendimiento, de efecto positivo, tuvo una contribución insignificante (0.84%). El decrecimiento de la superficie en parte se explica por la presencia de la enfermedad conocida como roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis*. sp. hordei). En el caso particular de México esta

enfermedad ha sido el principal problema que ha enfrentado la producción de cebada.

La roya lineal amarilla se presentó por primera vez en el Altiplano Central de México en 1987. Su presencia causó graves pérdidas a las siembras comerciales y la producción de cebada maltera estuvo en riesgo muy alto, esto debido a la susceptibilidad de las variedades sembradas y a la ausencia de información respecto de su control químico (Zamora et al., 1997). La primera acción para frenar la dispersión de esta enfermedad fue la realización de campañas de sanidad por medio del control químico basado en el uso de fungicidas sistémicos, tales como Tilt (Propiconazole) y Folicur (Tebuconazole).

En estas circunstancias, además de buscar un mayor rendimiento y mejor calidad maltera en las nuevas variedades, los programas de mejoramiento empezaron a generar genotipos con resistencia a plagas y enfermedades. En 1989, el INIFAP comenzó a establecer siembras de líneas experimentales con el objetivo de obtener variedades tolerantes a la roya lineal amarilla y así, disminuir el uso del control químico, el cual representó para los agricultores un aumento sustancial en los costos de producción. De este modo, se liberaron las variedades Esperanza (1989) y Esmeralda (1993), las cuales remplazaron a los genotipos susceptibles a roya lineal amarilla (Fernández, 2013). La variedad Esperanza se destinó para riego en el Bajío, mientras que Esmeralda se destinó para áreas de temporal en los Valles Altos, ambas con rendimientos superiores a otras variedades disponibles (Zamora et al., 1997). Actualmente, la roya lineal amarilla se presenta de manera esporádica.

Adicional a las dificultades presentadas a causa de la presencia de la roya lineal amarilla, el contexto político y económico se tornó poco favorable para la siembra de cebada. A inicios de 1990 se implementaron varias reformas liberales en el país, las cuales incluyeron la privatización y liquidación de empresas públicas de transformación y comercialización, y la eliminación de los subsidios a la producción. Paralelamente con la aplicación de las políticas de reforma estructural a la agricultura, entró en vigor el TLCAN.

A diferencia de otros sectores, los cuales se vieron afectados negativamente en el marco de estas transformaciones, las cerveceras mexicanas se beneficiaron ampliamente. A partir de 1982, la producción de cerveza se reorientó al mercado externo, situación motivada por la contracción del mercado nacional. De este modo las exportaciones de este producto aumentaron y México se convirtió en uno de los principales productores de cerveza. Sin embargo, los beneficios no se distribuyeron hacia toda la cadena de valor, pues el incremento en la demanda de esta bebida provocó que las importaciones de grano de cebada y malta aumentaran aún más (Figura 19).

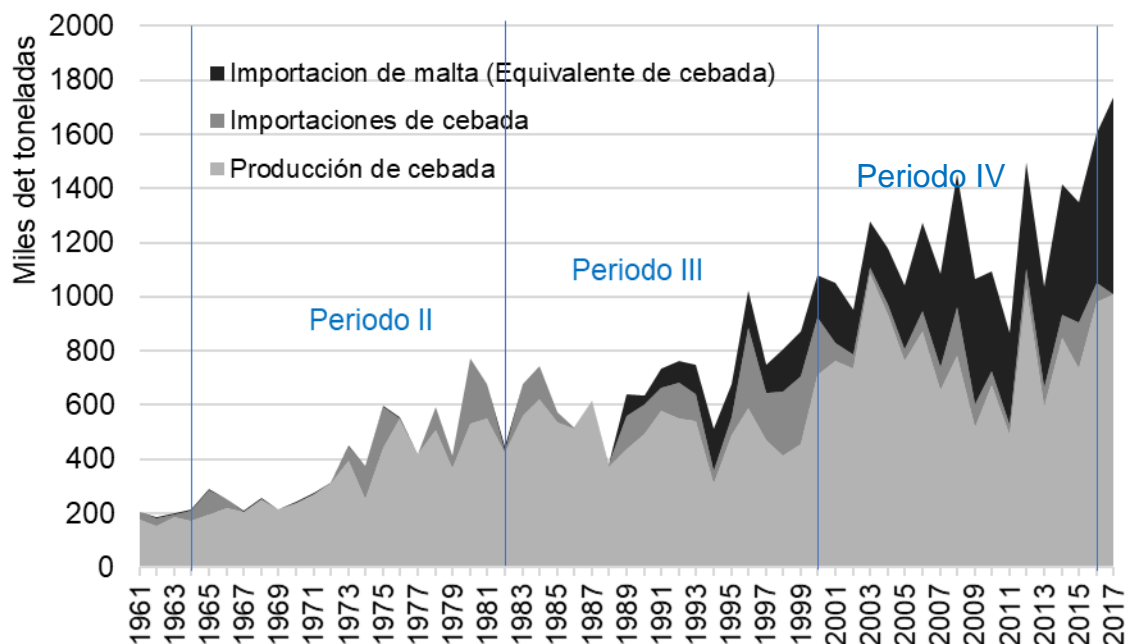


Figura 19. Consumo nacional aparente de cebada (1961-2017).

Fuente: elaboración propia con información de la FAOSTAT (2019).

Antes de la apertura comercial ya se importaba cebada y malta, no obstante, las restricciones arancelarias limitaban su comercio. Para la cebada, el arancel-cuota acordado fue de 128 %, mismo que se redujo gradualmente a partir de 1994 hasta llegar a cero en 2003. La cuota de importación libre de arancel para este grano fue de 120 mil toneladas para EE.UU. y de 30 mil toneladas para Canadá, la cual se incrementaría 5% cada año respecto al cupo del año anterior (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, 2004). Tanto la cebada como la

malta eran más baratas en los Estados Unidos, de ahí la preferencia de la industria cervecera por la importación.

5.4.4 Periodo IV. Restructuración de la actividad hacia un enfoque de producción sustentable y local (2001-2016)

La tendencia creciente de las importaciones de cebada y malta solo ha sido frenada por los problemas de desabasto internacional. Por ejemplo, en 2001 debido a las prolongadas sequías en Canadá, EE.UU. y Australia se agotaron las existencias de cebada y malta en el mundo, lo cual limitó las importaciones (Aguilar & Rindermann, 2004). En este sentido, este periodo se caracteriza por la importancia que recobró la producción de cebada nacional entre las empresas cerveceras, quienes manifestaron su interés en disminuir las importaciones de malta y abastecerse de cebada nacional, esto como una estrategia de abasto oportuno y sin inconvenientes.

Por tanto, a diferencia del periodo anterior, se tuvo una recuperación en la producción de cebada (17%), explicado tanto por las mejoras en el rendimiento (8%) como por el incremento en la superficie (8%). Este crecimiento es resultado de un efecto combinado de la producción en ambos ciclos de producción. En el ciclo O-I fue evidente el crecimiento en el rendimiento, pero un nulo crecimiento en la superficie. Contrariamente, en el ciclo P-V el rendimiento decreció, pero la superficie aumentó.

En 2004 el INIFAP liberó la variedad Adabella apropiada a áreas de temporal con buena y muy buena productividad en los Valles Altos y con precipitaciones mayores a 350 mm, por su susceptibilidad al estrés hídrico (Fernández, 2013; INIFAP, 2004); por tanto, su área de adaptación fue menor a Esmeralda. La introducción de Adabella fue valiosa pues Esmeralda empezó a tener problemas de roya de la hoja (*Puccinia hordei*), así mismo, durante la época lluviosa su grano se vio afectado por el descascare, lo que afecta su calidad maltera. En contraste, Adabella presenta tolerancia a enfermedades foliares y resistencia al pelado de grano (INIFAP, 2006). En el año 2006 el INIFAP liberó

dos variedades para riego en el Bajío, Alina y Armida. En 2008 se liberó a Doña Josefa para condiciones de temporal, resultado de la colaboración entre ICAMEX, ICARDA y CIMMYT (Pérez, 2016). Doña Josefa fue la última variedad liberada. De este modo, las variedades sembradas para el ciclo O-I (riego) han sido Esperanza, Alina y Armida, mientras que en el ciclo P-V (temporal) han sido las variedades Esmeralda, Adabella y Doña Josefa.

A pesar de los esfuerzos en la investigación las variedades generadas hasta 2008, sólo han cumplido con los mínimos parámetros exigidos por la industria maltera. En este contexto, en el 2009 la IASA realizó convenios con ICARDA y dos empresas privadas (Secobra Recherches y Semper Production), esto con la finalidad de: i) incrementar el portafolio de variedades; ii) cumplir con los parámetros de calidad; iii) mayor resistencia a la sequía; iv) liberar variedades de dos hileras; y v) obtener mayor rendimiento para competir contra cultivos alternativos (Fernández Vera, 2013).

La asociación público-privada entre ICARDA e IASA consistió en la entrega por parte de ICARDA de líneas avanzadas de cebada maltera con mejor potencial para ser adaptadas a las condiciones mexicanas, donde la IASA evaluó estos genotipos para calidad de malta y proporcionó los resultados a ICARDA a fin de compartirlos entre sus socios a nivel internacional, por ejemplo, con Etiopía (El-Solh, 2014).

Aunado a las actividades de mejoramiento, la IASA desarrolló un área de investigación y transferencia de tecnología entre 2008 y 2009 esto con la finalidad de contribuir a generar un producto (cebada) rentable y sustentable. El inicio de esta acción fue acorde a los problemas cada vez más evidentes en la producción, derivados del monocultivo de la cebada. La mínima rotación de cultivos y el laboreo continuo de los suelos donde se produce cebada han dado como resultado suelos empobrecidos, compactados y con una mayor presencia de plagas y enfermedades. De este modo, los terrenos en donde se siembra este cultivo con los métodos de la agricultura tradicional han disminuido su rentabilidad. Esta problemática ha derivado en el abandono de la actividad,

debido a los altos costos de producción y los bajos rendimientos que se obtienen (Alcántara et al., 2015; Asiain et al., 2014).

En este panorama, en 2008 se inició el programa de agricultura de conservación en el Bajío. En apoyo a estas actividades, en 2009 los asesores técnicos de la IASA fueron capacitados por el Programa de Agricultura de Conservación del CIMMYT (CIMMYT, 2010, 2011). En 2011, también se impulsó la agricultura de conservación en los Valles Altos de la Mesa Central.

La colaboración entre el CIMMYT y la IASA continuó por varios años más. De modo que, en 2012 la IASA celebró un convenio con el CIMMYT para adoptar el modelo de trabajo del Programa de Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro). Aunado a las prácticas de agricultura de conservación también se ha promovido la siembra en doble y triple hilera. Estas actividades fueron las últimas que la IASA desarrolló.

5.4.5 Periodo V. Actualización tecnológica y estrategias dirigidas para el desarrollo de proveedores (2016-actualidad)

En 2017, después de 59 años de trabajo el GM (AB InBev) y CM (Heineken) liquidaron a la IASA, esto luego de que la Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE) iniciara una investigación para determinar la posible existencia de barreras a la competencia en la producción, distribución y comercialización de semilla y grano de cebada maltera para la producción de cerveza (COFECE, 2017). Con esta resolución la industria conformada por Cebadas y Maltas S.A. de C.V., Extractos y Maltas S.A., Cervecería Cuauhtémoc-Moctezuma e Impulsora Agrícola S.A. de C.V. acordó que las variedades de cebada con derechos de obtentor vigentes (Alina, Armida, Adabella y Doña Josefa) fueran liberadas de forma irrevocable. De este modo, actualmente cualquier tercero puede reproducir y comercializar dichas variedades sin requerir autorización. Adicionalmente a esto, años antes se finalizó el convenio de concertación entre la IASA y el INIFAP, sin ningún

pronunciamiento para nuevas actividades de colaboración con la industria cervecera.

Con la eminente desaparición de la IASA cada empresa cervecera consolidó un área especializada para la proveeduría de cebada, lo que permitió apearse más a la normatividad y organización de las empresas transnacionales, así como aprovechar la derrama de tecnología y nuevos conocimientos para la producción de cebada. En el caso de GM se creó el área de Agronegocios, mientras que en el caso de CM se creó el área de Cebada Nacional.

Las nuevas directrices que las empresas cerveceras han estado implementando se relacionan con el abastecimiento local, el mejoramiento de la calidad del grano, la producción sustentable de cebada y la reducción de importaciones de malta y grano. De esta forma las empresas se han encaminado al desarrollo de proveedores, promoviendo actividades, tales como: i) introducción de nuevas y mejores variedades; ii) investigación y transferencia de tecnología; iii) desarrollo de plataformas que incluyen el diseño de varios proyectos y contribuyen a la identificación de áreas de oportunidad para los productores en varias dimensiones (agronómicas, ambientales y sociales); y iv) capacitación y asesoría en mejores prácticas agrícolas.

La introducción de nuevas variedades es la actividad más destacada entre las empresas cerveceras por su impacto significativo en el rendimiento y en la calidad de la malta. Estas nuevas variedades están más acorde a los parámetros internacionales, pues las variedades nacionales promovidas durante varios años solo han cumplido con los mínimos parámetros exigidos por la Industria Maltera.

En la industria cervecera se utilizan dos tipos de cebada para la producción de cerveza, variedades con espiga de dos hileras (*Hordeum distichum*, L.) y variedades con espiga de seis hileras (*Hordeum vulgare*, L.)¹⁴. A nivel

¹⁴ La distinción entre ambos tipos de cebada (de dos o de seis hileras) se establece entre el tamaño del grano, extracto, proteínas y nivel enzimático. La cebada de dos hileras comparada

internacional la cebada de dos hileras es la preferida para la producción de cerveza. No obstante, tradicionalmente en México las variedades producidas han sido de seis hileras, de modo que, los requerimientos de cebada de dos hileras se han cubierto con importaciones.

En los últimos años la industria cervecera asumió el objetivo de abastecerse con cebada nacional y disminuir las importaciones de cebada y malta, por tanto, una prioridad ha sido la introducción de nuevas variedades de dos hileras. En este contexto, CM (Heineken) ha distribuido entre sus agricultores a las variedades Meztlí, Traveller, Explorer, Prunella y Brenus. Estas variedades fueron desarrolladas por la empresa francesa Secobra Recherches. En el caso de GM (AB InBev) se han promovido a las variedades ABI Voyager (EE.UU.), AC Metcalfe (Canadá) y ABI Growler, desarrolladas dentro de la red mundial de investigación de cebada de la empresa.

Además del abasto local con variedades de dos hileras, otro objetivo de la industria cervecera ha sido la transformación sustentable de la cadena de suministro de cebada. Con la IASA en operación se desarrollaron las primeras actividades al respecto. Las prácticas que se han promovido en ambas empresas (Grupo Modelo y Cuauhtémoc- Moctezuma) se resumen en:

- ❖ Agricultura de conservación. Sistema de producción basado en tres principios: a) mínimo movimiento de suelo; b) manejo de rastrojo del cultivo anterior sobre la superficie del suelo; y c) rotación de cultivos.
- ❖ Buen uso y manejo de agroquímicos. Hace referencia al conjunto de medidas orientadas a reducir el riesgo de contaminación química de los productos de origen agrícola y del medio ambiente.
- ❖ Siembra en surcos doble hilera o triple hilera. Con este tipo de siembra se reduce el uso de semilla, se aumenta la calidad del grano, se

con la de seis hileras tiene un tamaño de grano más grande y uniforme, con un contenido más bajo de enzimas y proteínas, un sabor más suave y un mayor contenido de almidón. En contraste, la cebada de seis hileras tiene un tamaño de grano pequeño e irregular, con un menor contenido de almidón, mayor contenido de proteínas y de sabor granuloso (FAO, 2009; Verhagen, 2010).

incrementa la humedad disponible, se reducen las aplicaciones de agroquímicos, entre otros beneficios (Alcántara, 2017; Rojas et al., 2013).

- ❖ Uso del sensor greenseeker. Este sensor proporciona datos para la detección de necesidades de nitrógeno. Fue codesarrollado por el CIMMYT y la Universidad Estatal de Oklahoma, validado en trigo en el Valle del Yaqui en el ciclo 2002-2003.
- ❖ Uso y manejo eficiente de agua. Se ha promovido el riego por goteo en el Bajío y en Zacatecas, y el uso de la pileteadora para áreas de temporal. La pileteadora es un implemento el cual levanta pequeños bordos de tierra a intervalos regulares a través de surcos para captar y retener agua de lluvia; este implemento se ha promovido principalmente por el GM (AB InBev) en Zacatecas y San Luis Potosí.

Una parte importante de las actividades que la industria cervecera ha encaminado se apoya en el establecimiento de plataformas que integran a diversos proyectos y que permiten el monitoreo y el seguimiento de sus proveedores de cebada.

En el caso de CM (Heineken) el abastecimiento sostenible de cebada se basa en los principios y prácticas de la plataforma Sustainable Agriculture Initiative (SAI). La plataforma SAI es una iniciativa global que involucra a más de 100 miembros de todas las áreas de la cadena de valor de alimentos y bebidas y, cuya finalidad es contribuir a la adopción de prácticas sostenibles. Heineken Mundial se integró en esta plataforma en el 2010.

Uno de los recursos con los que cuenta la SAI para promover la producción sostenible de los cultivos es la evaluación de sostenibilidad agrícola (Farm Sustainability Assessment, FSA) aplicable a todos los cultivos y compatible con los principales esquemas de agricultura sostenible existentes. La herramienta FSA permite que los productores sean evaluados acorde a un conjunto integral de prácticas sostenibles y a partir de ello se facilite, se monitoree y valide la mejora continua de los productores para alcanzar dichas prácticas (SAI, 2020).

Para CM (Heineken) es indispensable que sus proveedores estén alineados a sus estándares de calidad y proteger el medio ambiente y la biodiversidad, por lo que, en el caso de cebada hay una preferencia por aquellos agricultores que implementan prácticas sostenibles. De acuerdo con los informes de esta empresa, en 2018 el 50% de sus materias primas se obtuvieron de manera sustentable, además se adquirió cebada de un mayor número de agricultores mexicanos. En este mismo año esta empresa se propuso como metas para 2020: i) aumentar la producción local de cebada de dos hileras; ii) alcanzar el 90% de producción local y al menos el 35% sustentable; y iii) cumplir al 100% con el código de proveedores de Heineken (Grupo Cuauhtémoc Moctezuma S.A. de C.V., 2018).

CM (Heineken) también cuenta con un área de investigación y desarrollo, cuyo objetivo es la evaluación de materiales vegetales provenientes de otros países con potencial para México, así como la evaluación de productos agroquímicos y nuevas técnicas de producción.

GM (AB InBev) por su parte implementó el uso de la plataforma SmartBarley. Esta plataforma fue lanzada por AB InBev en 2013, mediante la cual es posible recopilar datos que ayudan a identificar brechas y oportunidades de mejora, que se abordan a través de un portafolio de iniciativas agronómicas, ambientales y de gestión basadas en un uso más eficiente de los recursos. Con esta plataforma un productor puede comparar sus prácticas y rendimientos de cebada (evaluación comparativa) con toda la red mundial de productores (Argentina, Brasil, Canadá, China, México, Rusia, Reino Unido, EE.UU. y Uruguay). Por ejemplo, con el análisis de los datos se encontró que en México muchos agricultores tienden a aplicar fertilizantes en exceso, lo que aumenta el costo de producción y tiene un impacto negativo en el medio ambiente (ABInBev, 2015, 2018).

Al igual que CM (Heineken), GM (AB InBev) cuenta con un programa para la certificación de sus proveedores de cebada, mediante el cual son evaluados en varias dimensiones y, de acuerdo con su desempeño ascienden en categorías

(diamante, oro, plata y bronce) lo que representa bonificaciones en la producción. Este mecanismo permite determinar y garantizar el suministro de cebada de calidad.

En el caso de GM (AB InBev) la generación y transferencia de tecnología tiene sus inicios en el año 1998. En este año el GM empezó un proyecto cuya finalidad fue el desarrollo de paquetes tecnológicos adaptados a las variedades que el INIFAP generaba, utilizando como espacios de trabajo a varios ranchos, propiedad de la empresa (Rancho Cermo, Rancho La Gospa y Rancho las Crucitas). Sin embargo, no fue hasta el año 2014, una vez que AB InBev adquirió al GM, que esta área se convirtió en un elemento estratégico ampliando su personal y funciones dentro del área de Agronegocios.

La finalidad del componente de investigación en el área de Agronegocios es hacer más eficiente el proceso de cultivo y lograr mayor productividad y rentabilidad para los agricultores, a través de: i) prueba de nuevas variedades; ii) formulación de fertilizantes; iii) uso eficiente de agua; iv) densidad de siembra; v) uso de plaguicidas y; vi) técnicas de siembra (Grupo Modelo S.A. de C.V., 2009, 2012). Para la realización de estas actividades los ranchos Cermo, La Gospa y las Crucitas están ubicados en zonas estratégicas para el cultivo de cebada como son el Altiplano, zona cebadera donde se realizan investigaciones bajo condiciones de temporal; el Bajío, lugar estratégico para la transferencia de tecnología y donde se realizan investigaciones bajo condiciones de riego, y la zona Centro-Norte, lugar clave para impulsar el crecimiento en superficie de cebada.

Sumado a la integración de prácticas sustentables, ambas empresas están promoviendo tecnologías 4.0 (cuarta revolución industrial) que apoyan a la reorganización de los procesos productivos orientados más hacia su digitalización. Así, la agricultura digital en el cultivo de cebada ha significado el uso de dispositivos y softwares de monitoreo para recoger información relacionada al cultivo, por ejemplo, la detección de plagas y enfermedades, deficiencia de nutrientes, entre otros. Con esta información personalizada los

productores pueden tomar mejores decisiones, mejorar la productividad, reducir costos y desarrollar prácticas agrícolas más sostenibles.

La implementación de las estrategias antes descritas y el acercamiento con los productores de cebada, actividades realizadas por GM y CM de forma independiente, no ha sido un trabajo aislado, pues ha incluido la alianza con diversos actores, tales como:

- Proveedores de agroquímicos (Syngenta, Yara, Famaq)
- Proveedores para el empleo de tecnologías de información y comunicación (Esoko)
- Proveedores para el monitoreo de cultivos (Terraintel, Agrible)
- Proveedores de maquinaria especializada (John Deere)
- Proveedores de riego tecnificado (Rivulis, Netafim)
- Agricultura de conservación (Cimmyt)
- Esquema de desarrollo de proveedores y financiamiento (FIRA)
- Otros (Proagro)

Finalmente, estas actividades han dado como resultado el incremento de rendimientos y la mejora sustancial de la calidad del grano. Por ejemplo, el Grupo Modelo ha pasado de 1.8 a 4 toneladas en el rendimiento promedio entre sus productores.

5.4.6 Funciones del sistema de innovación cebada maltera

A partir de los cinco periodos descritos se identifican dos principales episodios de innovación (Figura 20), caracterizados por las siguientes funciones del sistema de innovación.

El **primer episodio de innovación** se refiere a la introducción de la cebada maltera y el desarrollo de actividades para su integración como cultivo en áreas de temporal. Así, la producción de cebada en México [F5] obedece al incremento de la producción de cerveza y a la disminución de las importaciones de malta [F4]. Estos hechos incentivaron a las empresas cerveceras

dominantes del mercado para abastecerse de cebada nacional. Esto significó que ocurrieran cambios adaptativos como el desarrollo de una cadena de suministro de cebada, basada en las actividades de una empresa intermediaria, la IASA, y por el establecimiento de empresas malteras [F1].

El desarrollo de esta cadena de suministro implicó la generación de conocimiento y su difusión, donde un actor relevante fue el INIFAP quien se encargó de generar variedades de cebada maltera y otros desarrollos tecnológicos [F2] acordes a las necesidades de la industria y bajo el financiamiento privado.

Las principales transformaciones en la cebada, antes de calidad forrajera, se resumen en el desarrollo varietal, mecanización de la actividad y aplicación de insumos agrícolas. Estos cambios se vieron apoyados por la promoción que el Estado hizo de mejoras tecnológicas en la agricultura para mejorar la producción, integradas en lo que hoy se denomina revolución verde que inició con el cultivo de trigo [F2 y F3]. Esta forma de producir fue ampliamente aceptada entre los productores [F5].

Como resultado de estas actividades, la cebada se integró como un cultivo comercial fomentado primordialmente por las empresas cerveceras, las cuales han basado su abasto de malta tanto en la producción nacional como en las importaciones. Así, durante varias décadas la producción de cebada se basó en un esquema colaborativo entre el GM y CM para el suministro del grano. Sin embargo, con la IASA en funcionamiento la participación directa de la industria cervecera en la producción de cebada fue limitada.

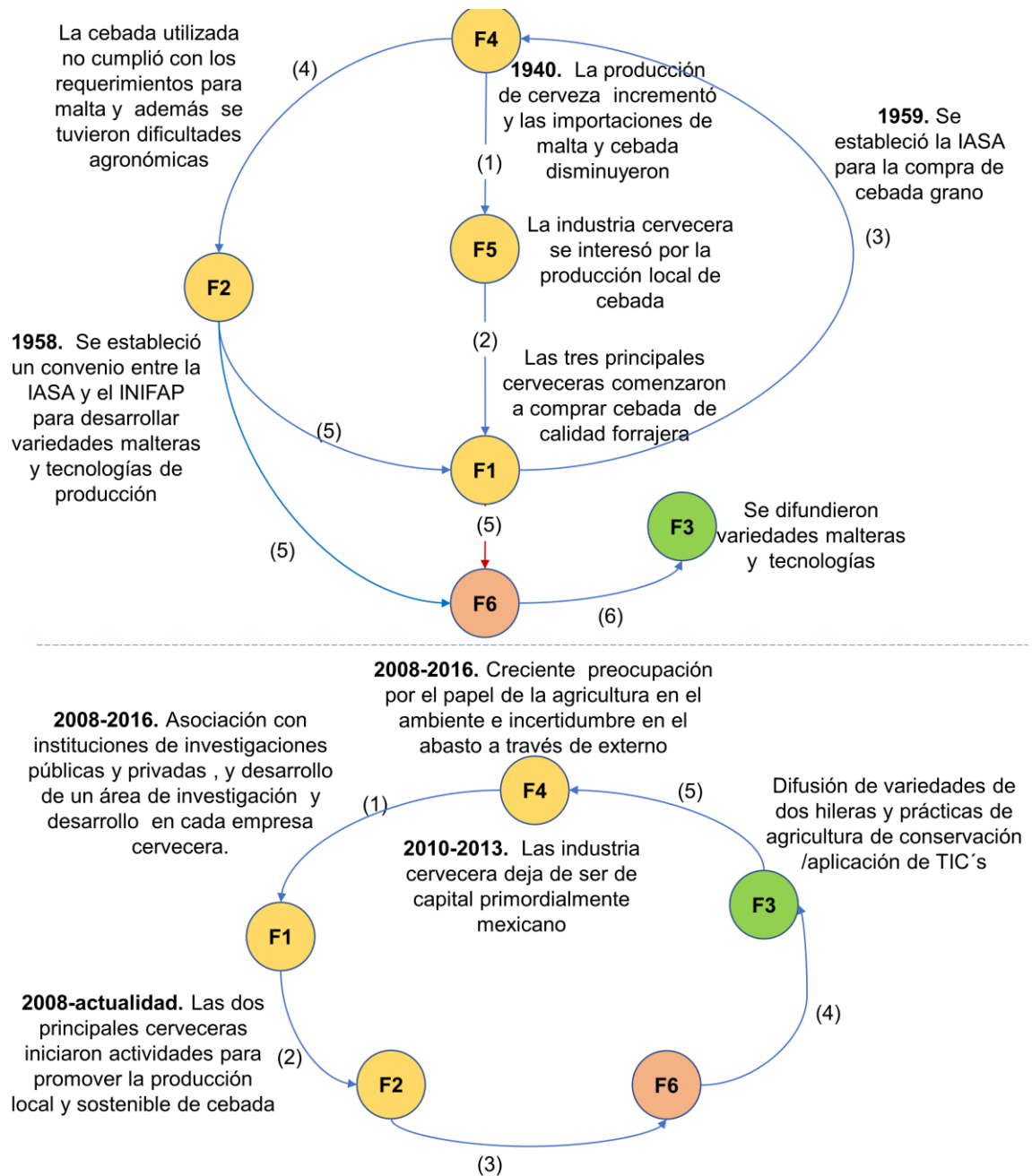


Figura 20. Dinámica de las funciones del sistema de innovación.

Fuente: elaboración propia con información documental y de campo.

Sin embargo, cuando ambos grupos cerveceros dejaron de ser empresas mexicanas surgieron cambios en el esquema de suministro, el cual empezó a basarse cada vez más en las disposiciones de las empresas ahora dueñas y con esfuerzos independientes una vez que la IASA se desmanteló. Por tanto, el

segundo episodio de innovación, el cual está aún en desarrollo, representa la transición de un esquema de proveeduría basado en las capacidades y recursos locales a un esquema de proveeduría liderado por cada cervecera a través de un área especializada caracterizada por el interés en la producción sustentable, la incorporación de nuevas tecnologías y la alineación con las empresas adquirentes (AB-InBev y Heineken).

Sin la IASA y bajo las nuevas disposiciones de las empresas cerveceras, un problema que enfrentaron fue abastecerse de cebada y que esta tuviera una buena calidad para producir malta y luego cerveza. Si bien las importaciones han sido un mecanismo común para completar sus requerimientos de cebada o malta, para los grupos cerveceros el abastecimiento local se ha vuelto un elemento estratégico para garantizar un suministro constante, evitar interrupciones en el abasto, gestionar la volatilidad de los precios, reducir los costos logísticos y mostrar su responsabilidad social corporativa. Además, impulsar la implementación de procesos de producción más sostenibles tiende a ser más importante, esto en la medida que los consumidores demandan productos más sostenibles, aumenta la conciencia pública sobre el cambio climático, y se agudizan los problemas para obtener materias primas. Para enfrentar estos desafíos, cada cervecera comenzó a fomentar la producción de cebada bajo un esquema de desarrollo de proveedores y con una reorientación hacia la producción local y sustentable [F4].

Para ello, cada empresa cervecera consolidó un área especializada en el abasto de cebada, la cual desempeña un papel intermediario mediante el que se planifica y organiza la producción de cebada, se proporciona semilla mejorada, se transfieren tecnologías, se capacita y se evalúa a los productores, y en algunos casos se distribuyen otros insumos [F1].

Por otro lado, mejorar la calidad de malta y cumplir con los parámetros internacionales en cuanto a calidad y sustentabilidad [F4] requirió la actualización tecnológica de los proveedores de cebada [F4]. Dado que la colaboración con el INIFAP terminó y hasta ahora no existen otros actores con

interés en el cultivo de cebada [F4], ambas empresas cerveceras encaminaron proyectos para impulsar la investigación y transferencia de tecnologías [F1]. La misión de estos proyectos es introducir y generar variedades bien adaptadas, de alto rendimiento, ciclo corto, resistentes a plagas y enfermedades y con características para el malteo, además de desarrollar conocimiento y tecnología para el cultivo [F2 y F3].

Las actividades descritas se han facilitado en parte a través del aprovechamiento de la derrama tecnológica internacional resultado de la adquisición de las empresas cerveceras mexicanas, así como a través del desarrollo de capacidades locales. Así mismo, se han realizado alianzas con empresas proveedoras de diferentes servicios [F2 y F3]. Por ejemplo, un actor que destaca en la generación y difusión de conocimiento es el CIMMYT [F2 y F3], quien ha colaborado con ambas cerveceras para promover prácticas de agricultura de conservación. Estas prácticas han encontrado cabida en la producción de cebada a partir de 2008, como un medio para conservar los recursos naturales y mejorar la productividad [F4].

El despliegue de todas las actividades en este segundo episodio ha permitido el incremento de los rendimientos y garantizar una mejor calidad del grano de cebada en un contexto de competencia internacional.

Si bien estos cambios son importantes en la actualización tecnológica de los agricultores, a medida que los criterios de calidad y sostenibilidad se impulsen cada vez más, habrá una preferencia por aquellos agricultores que produzcan cebada bajo este nuevo esquema de producción y con mejor calidad de grano, y que a su vez estén dispuestos a la mejora continua. Además, el hecho de que haya incrementos sustanciales en los rendimientos también repercute que la superficie de producción bajo contrato sea menor y, por tanto, también el número de proveedores requerido disminuya. En estas circunstancias, es posible que las organizaciones de productores y agricultores líderes con grandes superficies de producción tengan una mayor oportunidad de ser los

principales proveedores de los grupos cerveceros, esto en la medida que cumplan los requisitos estipulados.

5.5 Conclusión

Se analizó la trayectoria del cultivo de cebada maltera desde sus primeros desarrollos hasta la actualidad, para ubicar estos elementos en el contexto de las funciones del sistema de innovación. En los dos episodios de innovación identificados se muestra que todas las funciones del sistema fueron habilitadas, siendo las más relevantes por su impacto, las actividades empresariales y el desarrollo y difusión de conocimiento.

Las empresas cerveceras se muestran como los principales impulsores de la innovación en el cultivo de cebada, especialmente al establecer requisitos de calidad, cantidad y entrega. De este modo, los incentivos a la producción de calidad se han traducido en una demanda de producción agrícola de alta calidad y un incentivo para la actualización de los agricultores. Es evidente que la relación directa entre los proveedores de cebada y la industria maltera y cervecera funciona como un mecanismo de sujeción para que se dé la innovación. Bajo las condiciones actuales, este mecanismo de sujeción ha tomado una mayor relevancia para definir relaciones de proveeduría de largo plazo y más estrechas.

A diferencia de otros cultivos con mercados más diversificados, en la cebada maltera los cambios relacionados a la innovación solo han sido posibles a través de las actividades empresariales guiadas por las cerveceras dominantes del mercado, lo cual ha detonado en proyectos encaminados al desarrollo y difusión de tecnología. Durante varias décadas el desarrollo de la investigación y la transferencia de tecnologías en el cultivo de cebada maltera se basó en una dinámica exclusivamente endógena, asociada primordialmente a la participación de la IASA y del INIFAP. Sin embargo, la apropiación del GM y CM por empresas extranjeras constituyó un parteaguas en la producción de cebada, pues convino en cambios importantes en la proveeduría de cebada y en el

desarrollo tecnológico local. Estos ajustes se derivaron en parte por la derrama de conocimientos y las estrategias de las empresas transnacionales, sumado a las capacidades y recursos acumulados dentro de las empresas adquiridas. Es así, que actualmente hay una participación más estrecha entre cada una de las cerveceras y sus respectivos proveedores.

5.6 Literatura citada

- ABInBev. (2015). *Anheuser-Busch InBev 2015 Global Citizenship Report*. <https://ddd.uab.cat/pub/infosos/146247/irsANHEUSERa2015ieng.pdf>
- ABInBev. (2018). *SmartBarley and Agricultural Innovation*. <https://www.ab-inbev.com/news-media/smart-agriculture/smartbarley-agricultural-innovation.html>
- Aguilar Ávila, J., & Rindermann Schwentesius, R. (2004). *La producción de cebada maltera en México-ventaja comparativa no capitalizada*.
- Alcántara Sánchez, M. (2017). Siembra de cebada en camas anchas a triple hilera. *Enlace*, 8(35), 48–50.
- Alcántara Sánchez, M., Pérez Aguirre, F., & Asiain Morales, A. (2015). Siembra de cebada en surcos. Un sistema precursor de la Agricultura de Conservación. *Enlace*, VI(23), 33-35x.
- Asiain Morales, A., Hidalgo, C. I., Servicios Tecnológicos para la Red de Cebada, & Técnicos de la Red Cebada Hidalgo. (2014). Intercambio de experiencias y mejora en la adopción e implementación del sistema de producción de cebada maltera en surcos en el Programa Red Cebada Hidalgo. *Enlace*, V(20), 60–61. [https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18146/56637_2014_V\(20\).pdf?sequence=22&isAllowed=y](https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18146/56637_2014_V(20).pdf?sequence=22&isAllowed=y)
- Bamforth, C. (2000). Brewing and brewing research: past, present and future. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(9), 1371–1378. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200007\)80:9<1371::AID-JSFA654>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200007)80:9<1371::AID-JSFA654>3.0.CO;2-K)
- Banco Mundial. (2008). *Incentivar la innovación agrícola: Cómo ir más allá del fortalecimiento de los sistemas de investigación*. Mayol Ediciones.
- Barth-Haas/Group. (2019). *The Barth Report: Hoops 2018-2019* (G. Heinrich Meier (ed.)). Joh. Barth & Sohn GmbH & Co KG. https://www.barthhaas.com/fileadmin/user_upload/news/2019-07-23/barthreport20182019en.pdf
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37, 407–429.

<https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>

- Byerlee, D., Harrington, L., & Marko, P. (1980). *Prácticas de los agricultores problemas de producción y oportunidades para la investigación en la producción de cebada en el valle de Calpulalpan/Apan México* (p. 57). CIMMYT.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31(2), 233–245. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00138-X)
- Castro Pérez, F. (2006). *Colapsos ambientales -transiciones culturales* (Primera). Universidad Autónoma de México.
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. (2004). *Salvaguardas y cuotas agrícolas en el TLCAN* (p. 62).
- CIMMYT. (1981). *CIMMYT Report On Wheat Improvement 1979*.
- CIMMYT. (1983). *Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo. CIMMYT 1982 Annual Report*.
- CIMMYT. (2010). Mejorar economía del productor y conservar los recursos naturales: Cebada con AC. *Enlace*, 2(1), 25–27. https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18146/56637_2010_II%2801%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CIMMYT. (2011). La investigación y transferencia de tecnología. Modelos para la producción sustentable de cebada. *Enlace*, 11(4). [https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18146/56637_2011_II\(04\).pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18146/56637_2011_II(04).pdf?sequence=6&isAllowed=y)
- COFECE. (2017). *Cierra expediente sobre barreras a la competencia. Se disuelve IASA, única intermediaria entre agricultores de grano de cebada maltera y Grupo Modelo y Heineken*.
- Córdova Téllez, L., Vásquez Navarrete, V. M., & Rosario Reyes, R. J. (2019). *Catálogo Nacional de Variedades Vegetales* (p. 107). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural/Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.
- El-Solh, M. (2014). The Role of Science and Technology in Enhancing Food Security. In A.-K. Sadik, M. El-Solh, & N. Saab (Eds.), *Arab Environment: Food Security. Annual Report of the Arab Forum for Environment and Development* (pp. 44–73). AFED.
- Espinoza Arellano, J. de J., Orona Castillo, I., Vázquez Alvarado, J. M. P., Salinas González, H., & Moctezuma López, G. (2005). Alianzas para el desarrollo de innovaciones tecnológicas: el caso de INIFAP y empresas del sector privado agropecuario. *Revista Mexicana de Agronegocios*, IX(16), 439–448.
- FAO. (2009). *Barley Malt Beer*.
- FAOSTAT. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Fernández Vera, Z. (2013). Nuevas variedades de cebada cervecera adaptadas a México. *4º Congreso Latinoamericano de Cebada*.
- Friedt, W., Horsley, R. D., Harvey, B. L., Poulsen, D. M. E., Lance, R. C. M., Ceccarelli, S., Grando, S., & Capettini, F. (2010). Barley Breeding History, Progress, Objectives, and Technology. In S. E. Ullrich (Ed.), *Barley: Production, improvement and use* (pp. 160–220). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470958636.ch8>
- Grupo Cuauhtémoc Moctezuma S.A. de C.V. (2018). *Informe de sustentabilidad 2018 Heineken México*. <https://www.heinekenmexico.com/informe-sustentabilidad/descargas/Informe-Anual-2018.pdf>
- Grupo Modelo S.A. de C.V. (2009). *Informe sustentabilidad 2009*.
- Grupo Modelo S.A. de C.V. (2012). *Informe de sustentabilidad 2012*.
- Hall, Andrew, Sulaiman, V. . R., Clark, N., & Yoganand, B. (2003). From measuring impact to learning institutional lessons: an innovation systems perspective on improving the management of international agricultural research. *Agricultural Systems*, 78, 213–241. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00127-6](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00127-6)
- Hall, Andy. (2006). Public private sector partnerships in an agricultural system of innovation: concepts and challenges. In *MERIT Working Papers*.
- Hall, Andy, Sulaiman, R., Beshah, T., Madzudzom, E., & Puskur, R. (2009). Agricultural innovation system capacity development: Tools, principles or policies? *Capacity.Org*, 37, 16–17. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/304/caporg_en.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Impulsora Agrícola. (1983). *La Cebada Maltera en México* (p. 44).
- INEGI. (1999). Estadísticas Históricas de México Tomo II (Cuarta).
- INEGI. (2021). Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM). Serie 2013. https://www.inegi.org.mx/programas/emim/2013/#Datos_abiertos
- INFAP. (2004). *Adabella: Variedad de Cebada Maltera Para Valles Altos de la Mesa Central* (p. 2).
- INIFAP. (2006). *Innovaciones Tecnológicas 2005*.
- Kirin Holdings Company. (2019). *Joy brings us together Kirin*. Kirin Beer University Report Global Beer Production by Country in 2018. https://www.kirinholdings.co.jp/english/news/2019/1003_01.html
- Medellín E., R. A. (1980). Los campesinos cebaderos y la industria cervecera en México. *Comercio Exterior*, 30(9), 927–936.
- Núñez, I. (2019). La empresa y la industria cervecera en México. Una exitosa historia de sus capacidades. In G. Sánchez Daza & I. Núñez Ramírez (Eds.), *Innovación y desarrollo tecnológico en México. Estudios sectoriales y regionales* (Primera, pp. 19–38). Benemérita Universidad Autónoma de

Puebla.

- Pérez Reyes, M. C. J. (2016). *Efectos de la irradiación láser sobre la calidad fisiológica y sanitaria de la semilla de cebada: un enfoque sistémico y transdisciplinario*. Instituto Politécnico Nacional.
- Rojas Martínez, I., Fernández Sosa, R., & Zamora Díaz, M. (2013). *La cebada en camas con siembra de dos hileras en el estado de Tlaxcala*. https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18146/56637_2011_II%2804%29.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- SAI. (2020). *Sustainable Agriculture Initiative*. <https://saipatform.org/>
- Steffen Riedemann, C., & Echanove, F. H. (2005). La sustitución del trigo por la cebada en tierra ejidales de riego de Guanajuato, México: Una alternativa efímera. *Cuadernos Geograficos*, 37(2), 135–151.
- Sulaiman, R. V. (2015). Agricultural Innovation Systems. In *GFRAS Good Practice Notes for Extension and Advisory Services*.
- TRADE MAP. (2020). *Trade statistics for international business development Monthly, quarterly and yearly trade data. Import & export values, volumes, growth rates, market shares, etc.* <https://www.trademap.org/>
- van Alphen, K., van Ruijven, J., Kasa, S., Hekkert, M., & Turkenburg, W. (2009). The performance of the Norwegian carbon dioxide, capture and storage innovation system. *Energy Policy*, 37(1), 43–55. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.07.029>
- Vazquez Tonix, V. M. C. (1990). *Análisis del mercado de la cebada maltera en México: 1965 -1987*. Colegio de Postgraduados.
- Vera-Cruz, A. O. (2004). *Cultura de la empresa y comportamiento tecnológica: Cómo aprenden las cerveceras mexicanas* (Miguel Ángel Porrúa- Universidad Autónoma Metropolitana- Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ed.)).
- Verhagen, L. C. (2010). Beer Flavor. In *Comprehensive Natural Products II* (pp. 967–997). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-008045382-8.00087-3>
- Zamora Díaz, M., Márquez Cedillo, L. A., Ramírez Pérez, F., & Ibañez Carranza, A. M. (1997). *Esmeralda: variedad de cebada maltera para Valles Altos* (p. 20). INIFAP.

CAPÍTULO 6 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

En este trabajo de investigación se analizó la dinámica de los sistemas de innovación que se configuran para apoyar los procesos de cambio en la agricultura, esto a través de un marco integral aplicado a estudios de caso, con la finalidad de identificar puntos críticos para su funcionamiento y contribuir al diseño de estrategias de intervención. En primer lugar, se discuten algunos aspectos teórico-metodológicos que fueron surgiendo durante el desarrollo del estudio y que guiaron el análisis de los tres sistemas de innovación en cuestión. Posteriormente se presenta una síntesis que integra los hallazgos principales en los tres casos analizados, identificando puntos en común y diferencias. Por último, de la discusión desarrollada se desprenden las conclusiones de este trabajo.

6.1 Alcances teóricos y prácticos de la investigación

El análisis de los sistemas de innovación en el sector agroalimentario debe abordarse desde una visión retrospectiva, en la que se incluyan de manera amplia a los procesos de innovación. Por tanto, la metodología utilizada, basada en las funciones del sistema y su extensión a nivel de cadena de valor, fue adecuada para entender los cambios y la dirección en que una innovación evoluciona. La idea central de esta metodología es recuperar los eventos más importantes para reconstruir a la innovación como un proceso, y así entender cómo y de qué manera ocurre. Ahora bien, dado que las innovaciones pueden estar interrelacionadas y ocurrir a través de los diferentes segmentos de la cadena de valor es útil extender el sistema de innovación abarcando aspectos de la proveeduría y el consumo.

6.1.1 La innovación como resultante de un proceso: implicaciones para su análisis

Dado que una innovación y un sistema pueden variar a través del tiempo (Carlsson et al., 2002), la innovación debe abordarse, no como un resultado, sino como un proceso acumulativo, de construcción gradual y dinámico. Lo cual implica la necesidad de privilegiar la recuperación del proceso histórico que da forma a las innovaciones (Brieva, 2006), pues mediante la retrospectiva es posible delimitar una línea de tiempo donde se permite observar la dinámica y los cambios que acontecen. A este respecto, en los tres casos analizados se utilizó el marco teórico y metodológico de las funciones del sistema de innovación, que involucran a las actividades empresariales [F1], desarrollo del conocimiento [F2], difusión del conocimiento [F3], orientación de la búsqueda [F4], formación de mercado [F5], movilización de recursos [F6] y creación de legitimidad [F7].

La aplicación de las funciones del sistema a lo largo del tiempo permitió analizar y en parte evaluar el desarrollo de un sistema de innovación en términos dinámicos, lo cual fue de utilidad para explicar y comprender los procesos de innovación en un marco de tiempo amplio. Para ello, la combinación de las entrevistas semiestructuradas a actores clave y el uso de fuentes secundarias de información fue primordial, pues permitió la triangulación de la información y la contextualización de las funciones en el tiempo.

Todas las funciones fueron útiles para explicar los procesos de innovación y el desarrollo del sistema y sus cambios. De esta manera con el mapeo de las funciones se logró: i) reconstruir los procesos de innovación desde su origen hasta su ampliación; ii) abordar a la innovación favoreciendo su concepción como proceso, dependiente de su trayectoria e influida por múltiples dimensiones; y iii) comprender el surgimiento de un nuevo sistema de innovación (cadena de valor girasol) y la actualización de los ya existentes (cadenas de valor piña y cebada).

6.1.2 Cadena de valor para delinear el sistema de innovación

Otro aspecto que se destaca en el análisis de los sistemas de innovación se refiere a su delimitación. Dado que la innovación surge de la interacción entre múltiples actores, los límites del sistema no son fijos, sino que evolucionan con el tiempo (Brooks & Loevinsohn, 2011). Además, al ser una construcción teórica aplicada y definida en un contexto de investigación específico no hay una forma correcta o incorrecta de trazar los límites del sistema (Markard & Truffer, 2008).

Por tanto, la delimitación del sistema de innovación puede ajustarse con base en dos elementos. Por un lado, atendiendo al propósito del análisis o la intervención; por otro, eligiendo un punto de partida donde las interacciones entre los componentes sean más intensas que las interacciones entre el sistema y su entorno (Markard & Truffer, 2008).

Ahora bien, aunque el análisis de los SI en el sector agroalimentario se ha aplicado a diferentes niveles (sector completo, sub-sector, trayectoria tecnológica, otros), los resultados obtenidos en este trabajo dan evidencia que la cadena de valor puede ser el punto de partida más adecuado para delinear el sistema de innovación, esto cuando se trata de comprender e intervenir en los procesos de innovación.

En coincidencia con van Welie et al. (2019), este estudio demuestra que el análisis funcional del SI a nivel de la cadena de valor permite abordar la integración de una innovación en un contexto más amplio. De este modo, al ampliar el análisis funcional y considerar elementos de la cadena de valor fue posible identificar las interdependencias existentes entre los eslabones de la cadena y sus implicaciones en la innovación. Se encontró que la deficiencia en un eslabón específico puede influir en la funcionalidad general del sistema de innovación, lo cual depende de cómo este eslabón se relacione con los demás. Por ejemplo, en girasol fue evidente que la débil interacción entre el eslabón de los agricultores y el de la industria aceitera ha sido un obstáculo en la producción de esta oleaginosa.

En contraste con el enfoque de tecnología única, una cadena de valor coloca su atención en varias dimensiones de los nuevos productos o tecnologías, donde su éxito como innovación se explica por el involucramiento activo de los demás actores en cada uno de los eslabones, quienes contribuyen a su “desembalaje” y van realizando adaptaciones que resultan en otras innovaciones de producto y de procesos, las cuales se requieren para la sostenibilidad de la innovación central. Por ejemplo, la introducción de piña MD-2 entre los agricultores requirió de las complementariedades y sinergias entre los actores de toda la cadena de valor. Así, la cadena de valor piña se convirtió en un mecanismo para impulsar la innovación.

Las relaciones establecidas entre el sistema de innovación y la cadena de valor hacen evidente la sinergia entre ambos conceptos. En los tres casos analizados se muestra que la construcción de sistemas de innovación es la clave para hacer posible la actualización de los actores en la cadena de valor, esto mediante la introducción de una innovación y el desarrollo de competencias necesarias, lo cual permite responder de forma dinámica a las señales del mercado, de política o de otro tipo; y viceversa una cadena de valor, según su grado de desarrollo, puede facilitar la construcción de un sistema de innovación. De este modo, la cadena de valor y el sistema de innovación presentan una relación coevolutiva (Lema et al., 2018).

En resumen, la cadena de valor constituye la unidad estructural y funcional de un SI específico pues la información que fluye a través de ella (relacionada al tipo y calidad de los productos y tecnologías) contribuye a trazar la dirección de los procesos de innovación que ocurren en cada uno de los eslabones (Banco Mundial, 2008). Por tanto, esta delimitación mínima a nivel de la cadena ayuda a simplificar el entendimiento de una parte del sistema y da luz sobre elementos particulares que no es posible identificar cuando el análisis se hace a escalas mayores o cuando se ejemplifica en solamente una trayectoria tecnológica.

6.2 Principales hallazgos

Con base en la evidencia de los resultados presentados en los capítulos anteriores, en este apartado se contribuye a responder a las preguntas de investigación.

6.2.1 Características de los sistemas de innovación

En el Cuadro 11 se colocan las características principales de los tres casos analizados, las cuales se discutirán en los siguientes párrafos.

La cadena de valor piña cuenta con una larga trayectoria, caracterizada por su complejidad, donde su gestión se ha desarrollado de distintas maneras dependiendo del tipo de compradores, del mercado final y del grado de procesamiento. En esta cadena se destaca la acumulación exitosa de aprendizajes, capacidades y conocimientos entre diversos actores, ligados inicialmente a la variedad Cayena Lisa. Además, existe un alto grado de interacción entre el sector público y el privado, donde este último ha tenido una participación proactiva con capacidad para identificar nuevas oportunidades de mercado. En este contexto, la transición hacia el híbrido MD-2 ha sido un proceso fácil y armonioso, pues este híbrido tuvo un rápido reconocimiento como una oportunidad de mercado por parte de los actores involucrados en la variedad Cayena Lisa. Estos actores tomaron ventaja del ambiente facilitador iniciado por empresas transnacionales en otros países productores de piña. Además, el antecedente de una cadena de valor ya desarrollada con Cayena Lisa facilitó la organización entre los actores y el despliegue exitoso de las funciones del sistema.

Dado que MD-2 inició como un producto comercializable internacionalmente, la cadena de valor global delineada para esta fruta ha sido liderado por empresas transnacionales y grandes minoristas, quienes impulsan estándares de calidad y seguridad. Por tanto, el aprovechamiento de esta oportunidad de mercado en la principal región productora de piña demandó alinearse a estos cambios. Estos cambios funcionaron como presiones competitivas proporcionando

incentivos para la interacción y la innovación. Así, la transición hacia este híbrido ha estimulado la acumulación de competencias vinculadas a otras innovaciones y actividades orientadas al mercado. En general el sistema de innovación configurado está bien articulado y en crecimiento.

La cebada maltera también tiene una larga trayectoria como cultivo en el país, su configuración ha estado ligada a las actividades de la industria maltera y cervecera, quien ha mantenido vigente la producción de este cultivo y estimulado la innovación, de acuerdo con sus necesidades. De este modo, la cadena de valor en la que se inserta la proveeduría de cebada es relativamente corta y directa, con un alto grado de coordinación. Esta cadena se caracteriza por el control que el comprador ejerce, pues es la industria maltera y cervecera quien dicta como debe funcionar la cadena al exigir a los proveedores que cumplan con ciertas especificaciones y protocolos, así mismo es quien consolida sus propias redes de suministro. Por tanto, la coordinación y el control de las actividades relacionadas a la transferencia de conocimiento y aprendizaje tecnológico entre los proveedores de cebada recae en pocos actores, primordialmente en la industria. Es así como, los agricultores han tomado un papel menos proactivo y más de subordinación. De manera similar a piña, existe un alto grado de interacción entre el sector público y el privado.

Dadas las características que tiene esta cadena de valor, la configuración del sistema relativa al eslabón del cultivo de cebada es más sencilla que en el caso de piña, es menos dinámica y su desarrollo se ha dado principalmente a través de cambios paulatinos y poco disruptivos, relacionados principalmente al desarrollo de nuevas variedades y al mejoramiento del manejo agronómico. En estos procesos de cambio siempre se ha mantenido la injerencia de la industria maltera y cervecera, inicialmente a través de un intermediario (IASA).

Ahora bien, los cambios en la configuración interna de la industria cervecera, desarrollados recientemente, que derivaron en el control total de las dos principales cerveceras por empresas transnacionales han conllevado a modificaciones en los esquemas de proveeduría, ahora caracterizados por su

orientación hacia la demanda local y sustentable. Estos esquemas de proveeduría se caracterizan por tener acceso al acervo de conocimientos y activos como capital y tecnología, recursos desarrollados dentro de las redes globales de las empresas transnacionales en cuestión. Si bien los cambios suscitados reflejan los intereses de la producción de cebada nacional, también manifiestan las prioridades que surgen de las condiciones generales a nivel global.

Finalmente, tenemos el caso de girasol, cultivo oleaginoso cuya introducción inicial obedeció a la participación del Estado, quien lo identificó como un sector con potencial de mercado y canalizó su apoyo a través de la intervención en investigación y políticas. Sin embargo, estos esfuerzos tuvieron un impacto limitado en su crecimiento y el cultivo no fue plenamente reconocido por el sector privado, por lo que, no alcanzó a integrarse en la cadena de valor de las oleaginosas. Por tanto, el incipiente sistema de innovación tampoco logró consolidarse.

En años recientes, el interés en este cultivo surgió nuevamente con los híbridos alto oleico en un contexto de salud pública global por los efectos negativos de las grasas saturadas y trans, en contraste con el papel beneficioso de los ácidos grasos monoinsaturados. Sin embargo, la configuración del SI se ha conducido como un proceso subdesarrollado, caracterizado por una articulación débil de los actores más importantes de la cadena de valor, donde las funciones del sistema no han podido detonar en patrones de interacción más amplios que permitan la introducción del girasol como cultivo comercial y la acumulación de capacidades innovadoras. Esta situación en parte se explica por la inestabilidad del mercado y del entorno institucional, donde el involucramiento de la industria aceitera ha sido parcial, limitándose a la compra esporádica de la semilla de girasol. Esto se da en un escenario donde la industria tiene la posibilidad de satisfacer sus requerimientos de aceite de girasol a través del comercio exterior.

A partir de la evidencia de los casos estudiados se muestra que el proceso de construcción de los sistemas de innovación y el desarrollo de innovaciones se

conduce de forma similar. Los primeros desarrollos del sistema incluyen la creación o configuración de las cadenas de valor. Posteriormente el sistema se moldea como una estructura de apoyo para las innovaciones que van surgiendo, proceso que incluye la incorporación gradual de nuevos actores y la actuación de los ya existentes, así como, la acumulación de recursos de red. Además, en los tres casos fue importante el desarrollo de innovaciones complementarias (de proceso y de producto) para apoyar a la innovación principal (de producto).

Con relación a las diferencias observadas en los tres sistemas de innovación, estas pueden explicarse en parte por el nivel de articulación entre los eslabones de la cadena y el tipo de gobernanza. Dado que muchas de las innovaciones se relacionan directamente con el producto primario de la cadena de valor, es necesario el desarrollo y la participación de los actores involucrados en cada uno de los eslabones. Si estos actores no existen o no se comprometen, el despliegue de la innovación en el largo plazo puede ser limitado, tal como sucedió en el cultivo de girasol. Ahora bien, para que los actores participen en las actividades de innovación es necesario que existan los incentivos adecuados.

De acuerdo con Pietrobelli y Rabellotti (2011) las características de las cadenas de valor tienen un impacto en los mecanismos de innovación que predominan en la cadena. A este respecto, estos autores indican que los mecanismos de aprendizaje e innovación dentro de una cadena varían de acuerdo con la forma de gobernanza que se adopta. Por ejemplo, cuando se trata de una gobernanza de tipo modular el mecanismo de aprendizaje que resulta es a través de la presión para cumplir con los estándares internacionales (caso piña), donde las empresas líderes representan un estímulo externo para el aprendizaje y la innovación sin asumir la responsabilidad del desarrollo tecnológico y su codificación; es decir, el aprendizaje de las empresas que participan se da de forma independiente, pues no cuentan con el apoyo de los líderes de la cadena. En el caso de la gobernanza cautiva el mecanismo de aprendizaje se da a

través de la participación directa de los líderes de la cadena de valor pues la competencia de los proveedores es baja y el riesgo de incumplimiento es alto (caso cebada, aplicable a girasol también). En este último caso de gobernanza la industria cervecera funciona como un integrador del sistema de innovación.

Cuadro 11. Características generales de los sistemas de innovación en los casos estudiados.

Característica	Girasol	Piña	Cebada maltera
Fecha de despegue de la cadena de valor	1970 con girasol convencional	1903 con piña variedad Cayena Lisa	1960 con variedades de seis hileras
Tipo de mercado	Emergente en transformación industrial	Doméstico y exportador	Tradicional en transformación industrial
Innovación central (radical)	Adopción de un nuevo cultivo (Girasol Alto oleico, inicio 2008)	Adopción de una nueva variedad de piña (Piña MD-2, inicio 1996)	Cambios en abasto de cebada maltera con orientación a la producción local y sustentable, como parte de transnacionalización de la industria cervecera (inicio entre 2008-2014)
Innovaciones complementarias	Desarrollo del manejo agronómico, incluida la evaluación de híbridos y la adaptación de maquinaria; organización de productores; desarrollo de un sistema de mercadeo ¹⁵	Desarrollo de un nuevo sistema de producción; mejoramiento de calidad y manejo postcosecha; generación de proyectos de investigación con la participación de los agricultores empresariales; desarrollo de nuevos proveedores de maquinaria, equipo e insumos	Introducción de nuevas variedades; nuevas estrategias para el abasto local y sustentable y el cumplimiento de nuevos estándares de calidad en cebada.
Actores líderes e innovadores en la etapa reciente	AGROCIME/ Agricultores ¹⁵	Agricultores empresariales/ INIFAP campus Papaloapan y campus Cotaxtla/Proveedores de maquinaria, equipo y nuevos insumos	Industria cervecera (GM-AB InBev y CM-Heineken) /Proveedores de cebada

Fuente: elaboración propia.

¹⁵ Sólo se dio en el caso de la región centro-norte (Zacatecas, Durango y San Luis Potosí)

6.2.2 Factores que guían los procesos de innovación

El despliegue de una innovación requiere de factores impulsores o desencadenantes (Clarke et al., 2018; Triomphe et al., 2012). En los tres casos estudiados el factor detonante estuvo relacionado primordialmente a una oportunidad de mercado para cumplir una necesidad (Cuadro 12). Esto muestra la importancia que juega el mercado en la orientación a búsqueda de una innovación, lo cual tiene su origen en la exigencia y las nuevas y cambiantes necesidades de los clientes, o bien en las circunstancias promovidas por la competencia.

Adicional al factor desencadenante del mercado, se presentaron otros factores promotores de la innovación. Por ejemplo, la necesidad de una reconversión productiva para atender a problemas de productividad, fitosanitarios, de comercialización y de siniestralidad por factores climatológicos en cultivos de temporal conllevó a que el girasol alto oleico se colocara como una opción de producción. En cebada durante su desarrollo inicial se vislumbró como una opción más remunerable, por tanto, se transitó de terrenos dedicados al cultivo de maguey a cebada. Así mismo, este cereal se ha presentado como una alternativa en zonas de temporal con periodos libres de heladas cortos ante cultivos de ciclo más largo (maíz y trigo), por ejemplo, en los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla e incluso en Zacatecas.

Si bien el mercado juega un papel clave como factor desencadenante de la innovación, no puede indicarse como una generalidad, por ejemplo, Low y Thiele (2020) muestran que la introducción del camote de pulpa amarilla respondió a la necesidad de mejorar los niveles de vitamina A entre los niños de África subsahariana, lo que se ubica más como un impulsor de política. Otro ejemplo es, la adopción de la siembra directa de arroz en seco entre los pequeños agricultores de Laos, cuyo inicio se asoció a la escasez de la mano de obra y a la variabilidad climática (Clarke et al., 2018), elementos que se catalogan como impulsores de recursos.

Cuadro 12. Impulsores de los sistemas de innovación estudiados.

Impulsor	Girasol alto oleico	Piña MD-2	Cebada maltera
De mercado	Oportunidad de mercado ante los cambios en las preferencias alimenticias respecto a las grasas trans	Demanda del híbrido MD-2 integrado exitosamente en el mercado internacional; material vegetal de dominio público	Cambios asociados a la incertidumbre en la importación de malta y grano de cebada/ Control total de la industria cervecera por empresas transnacionales
De política	Promoción del cultivo para apoyar la diversificación y reconversión productiva	Apoyos gubernamentales para impulsar la producción de piña MD-2 y su exportación/ Consolidación de organismos representativos (sistema producto)	Apoyo continuo del sistema producto estatal y nacional/ Impulso a la industria exportadora/TLCAN
De recursos	Potencial agrícola para la producción de girasol; requerimiento de aceite de girasol por la industria de botanas	Tradición en la producción de piña; vecindad con EE. UU.; mercado doméstico amplio	Soporte de la IASA y posteriormente del área de abasto de cebada maltera de cada cervecera
De conocimiento	-----	Amplio conocimiento local en la producción de piña; investigaciones vigentes y específicas para el cultivo de la piña MD-2	Nuevos arreglos en la investigación, sostenidos en el compromiso de la industria cervecera y la participación de la IASA

Fuente: elaboración propia.

Aun cuando existe un factor detonante que alienta a la innovación es necesario el desarrollo de un ambiente facilitador en el que se generen condiciones adicionales para la adaptación, ampliación y sostenibilidad de la innovación, así como la autosuficiencia del sistema. Este ambiente facilitador en parte se gestiona a través del despliegue de todas las funciones o actividades del sistema (Cuadro 13). En los casos analizados se halló que todas las funciones son importantes y requieren la participación de varios actores en los diferentes niveles de la cadena de valor; en consecuencia, cuando una función no se desarrolla adecuadamente se afecta la funcionalidad general del sistema. Las actividades empresariales [F1] y el desarrollo y difusión de conocimiento [F2 y F3] pueden considerarse como actividades clave, capaces de estimular el desencadenamiento de nuevas interacciones entre las demás funciones (Bergek et al., 2008; Hekkert et al., 2007; Hekkert & Negro, 2009).

Cuadro 13. Evaluación de las funciones del sistema de innovación en los casos estudiados.

Función	Girasol alto oleico	Piña MD-2	Cebada maltera
F1	Débil	Fuerte	Moderada
F2 y F3	Muy débil	Fuerte	Moderada, con tendencia a Fuerte
F4	Moderada	Fuerte	Moderada, con tendencia a Fuerte
F5	Débil	Fuerte	Moderada
F6	Moderada	Fuerte	Moderada
F7	Moderada	Fuerte	Moderada
Evaluación	El despliegue de las funciones ha sido limitado a lo largo de toda la cadena de valor, principalmente en los eslabones de los agricultores y la industria aceitera	Todas las funciones se han desarrollado positivamente, principalmente en el eslabón de los agricultores medianos y grandes	Todas las funciones se han desarrollado en menor o mayor medida. Por la naturaleza del cultivo los cambios se han dado de forma paulatina y moderada, pero hay una tendencia a dinamizar estas funciones por parte de las empresas trasnacionales con agricultores medianos y grandes

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las actividades empresariales [F1] es relevante mencionar que el desarrollo de una tecnología no puede darse sin la participación de actores que se atreven a actuar aun en condiciones de incertidumbre, quienes buscan una potencial oportunidad de mercado derivada de la innovación en cuestión (Meijer et al., 2007). Dado que las funciones son atributos de la estructura del sistema, su despliegue y continuidad dependen del liderazgo comprometido y la persistencia de algunos actores a través del tiempo, los cuales constituyen un cuadro de defensores (Low & Thiele, 2020) para superar las barreras e incertidumbres en la conducción del proceso de innovación (Meijer et al., 2007).

Por ejemplo, en el caso de la piña MD-2 en un primer escenario destaca el liderazgo de las transnacionales para incorporar este genotipo en el mercado internacional, después en el ámbito nacional el INIFAP y los grandes agricultores lideraron la incorporación de esta piña.

En cebada maltera destaca el papel de la industria cervecera, inicialmente a través de la operación de la IASA y posteriormente a través de un área de abasto de grano de cebada asociada a cada una de las cerveceras. En el girasol alto oleico, como caso aislado, destaca el papel del Grupo Agrocime, empresa de servicios especializados, quien inicialmente fue contratada por la industria de botanas para dar seguimiento a este cultivo en Zacatecas y Durango. Con su intervención se logró la coordinación de varios eslabones de la cadena y el desarrollo de conocimiento local para el manejo del cultivo. Cuando la industria de botanas concluyó su apoyo al cultivo, Agrocime continuó fomentando la producción de esta oleaginosa.

De esta manera, el ambiente facilitador que se deriva de la activación de las funciones incluye cambios a nivel del sistema y, por tanto, a nivel de cadena de valor, pues para la introducción de una nueva práctica o tecnología el sistema circundante, cuando ya existe, debe funcionar de forma diferente para apoyar al cambio; es decir, el sistema de innovación debe actualizarse inevitablemente. Así, se identifican tres principales cambios, entrelazados entre sí.

Primero, la modificación en el número y tipo de actores. Para la introducción de una innovación y su conducción exitosa es necesario la integración de nuevos actores, quienes aportan diferentes recursos, capacidades y habilidades. Por ejemplo, en el caso del híbrido MD-2, innovación de producto, fue necesaria la integración de actores responsables de nuevas actividades, tales como la proveeduría de maquinaria, equipos e insumos especializados que no eran requeridos en la variedad Cayena Lisa, es decir, se requirieron innovaciones de proceso.

Segundo, transformaciones a nivel de nuevas políticas, estrategias o cambios que facilitan la adopción de la innovación. Este tipo de cambio fue más visible en el girasol alto oleico, cuya promoción se vinculó a las políticas públicas de desarrollo, encaminadas a la reconversión productiva y donde este cultivo se vislumbró como una opción respecto a otros de temporal. A esto se suma la participación de la industria alimentaria, cuyo interés se fundamentó en las regulaciones implementadas a nivel mundial con respecto al uso de las grasas trans y saturadas, por su efecto negativo en la salud.

Tercero, ajustes técnicos de la innovación central. Una vez que una innovación se ha reconocido dentro del sistema (exista o no) se genera un proceso gradual, donde la innovación se ajusta (Woltering et al., 2019). Estos ajustes incluyen la adaptación de la innovación y el desarrollo de otras innovaciones, de proceso y de producto, que evolucionan conjuntamente. Por ejemplo, para la producción del híbrido MD-2 se requirieron modificaciones en las prácticas de manejo tradicional, incluida la incorporación de maquinaria especializada, así como cambios organizativos en la producción. De manera similar ocurrió en girasol alto oleico, donde también se requirieron adaptaciones a nivel de la producción primaria y el desarrollo de capacidades locales.

Si bien el ambiente facilitador en parte es promovido por el despliegue de las funciones del sistema, es necesario destacar el papel que desempeñan los contextos circundantes. A este respecto, el marco analítico de las funciones ha sido criticado por no prestar atención explícita a la dinámica de los contextos

circundantes. Sin embargo, el hecho de que el análisis en los tres casos se extendiera a nivel de cadena de valor y que cada una de las funciones se contextualizara de forma amplia, permitió identificar algunos elementos del entorno con influencia en los sistemas, lo cual muestra su importancia en el desarrollo de la innovación. Por ejemplo, en cebada se destaca la importancia que tuvo el TLCAN como un impulsor para la exportación de cerveza, pero también como un elemento detractor para la producción de cebada debido a la posibilidad de importarla a precios más competitivos. En piña el desarrollo inicial de un sistema de innovación global y las características del territorio como la vecindad con EE. UU. y el mercado interno grande contribuyeron a propiciar un ambiente facilitador para la adopción de MD-2. En girasol, la implementación de regulaciones respecto al uso y consumo de las grasas trans a nivel global iniciada en 2003, así como la crítica hacia las grasas saturadas fue la antesala para el crecimiento del mercado de los híbridos alto oleico en el mundo; además, en México es evidente la influencia que tiene el mercado de otras oleaginosas sobre la limitada dinámica de producción de girasol.

Por último, Bergek et al. (2015) proponen cuatro estructuras de contexto, las cuales pueden ser integradas de manera más explícita en futuros trabajos sobre sistemas de innovación. Un primer tipo de estructura de contexto se refiere a la influencia que otros sistemas de innovación tienen sobre el sistema bajo estudio, donde la relación puede ser a la vez cooperativa y competitiva. Un segundo tipo capta la interacción mutua entre el sistema y los sectores, aquí la interacción se lleva a cabo debido a regulaciones específicas del sector, normas y marcos cognitivos, e infraestructuras físicas. Un tercer tipo muestra la dimensión geográfica, los elementos estructurales de un sistema siempre están localizados en algún lugar del espacio. Finalmente, se ubica a la dimensión política, en la cual se destacan el papel las instituciones y el apoyo político.

6.2.3 Aprendizajes relevantes de los sistemas de innovación estudiados

Aquí se proporcionan algunas recomendaciones que se derivan de los resultados para gestionar la innovación. Primero, los resultados mostraron que

la innovación es un proceso cuya trayectoria hasta su ampliación implica un plazo de tiempo largo, lo cual debe ser considerado por los inversionistas y responsables de la formulación de políticas, pues estos actores deben focalizarse en acciones cuyos efectos sean perdurables y que efectivamente apoyen a la innovación. Por otro lado, además de ser un proceso de largo plazo, su desarrollo y difusión se ve influido por la construcción del sistema, por ello, es necesario tener una comprensión profunda de los componentes que deberían de estar presentes y su dinámica, para así anticipar posibles problemas sistémicos.

Segundo, la identificación de las funciones demostró su valor para identificar oportunidades de mejora en los procesos de innovación. Por tanto, la comprensión de cada una de las funciones del sistema de innovación proporciona información sobre aquellos procesos que ocurren dentro del sistema y que requieren especial atención, lo cual puede permitir a los responsables de la formulación de políticas desarrollar estrategias de intervención más adecuadas, basadas en las funciones que efectivamente apoyan a la innovación.

Tercero, además de adquirir una comprensión profunda de las funciones del sistema es necesario entender como está integrada la cadena de valor y la forma en que se coordina. En este sentido, la noción de los modos de gobernanza puede proporcionar información útil sobre como las actividades de innovación se coordinan y organizan dentro de un sistema. Se sugiere a los analistas la evaluación de las funciones de forma individual para los eslabones más importantes de la cadena.

Cuarto, el contexto circundante, incluida las condiciones de política, el mercadeo y el comercio, y la dotación de factores productivos, es relevante en el análisis del sistema de innovación. Si bien, el análisis de las funciones está más orientado a la dinámica interna del sistema, su aplicación de manera más amplia permitió identificar elementos del contexto con influencia en el funcionamiento del sistema y su rendimiento.

6.3 Conclusiones

Existe un acuerdo generalizado de que la innovación es un medio crítico para el desarrollo agrícola, sin embargo, su introducción y despliegue plantea amplios desafíos en el contexto en el que se inserta. Para tal fin, el sistema de innovación se ha colocado como un marco analítico adecuado pues permite identificar e ilustrar la forma en el que un sistema apoya o limita a la innovación y la forma en la que un sistema se construye.

El análisis de un sistema de innovación debe poner especial atención en la dinámica subyacente de los procesos de innovación y en la trayectoria que el sistema sigue, así como en el contexto prevaleciente. Para atender estos aspectos es necesario delimitar apropiadamente al sistema. A este respecto, su delimitación a partir de la cadena de valor constituye un punto de partida adecuado, pues la configuración de una cadena de valor compone una parte importante del proceso de construcción del sistema.

En este documento se abordaron tres cadenas de valor, girasol, piña y cebada, donde se investigaron las condiciones que permitieron la introducción de innovaciones basadas en el producto primario de la cadena. De este modo, el marco analítico de las funciones del sistema fue adecuado en la comprensión respecto a cómo ocurre y cómo se difunden las innovaciones.

Los hallazgos indican que el despliegue de las innovaciones en cada caso respondió principalmente a una oportunidad de mercado apoyada por las nuevas y cambiantes necesidades de los consumidores, o bien por las condiciones generadas por la competencia.

Los procesos de innovación exhibidos comprenden cambios estructurales clave expresados a través del despliegue de las funciones del sistema, las cuales contribuyen a generar un ambiente facilitador que permite aumentar la capacidad de asimilar una innovación en un contexto particular. Los cambios estructurales señalados se desarrollan en un plazo de tiempo largo y se integran en tres grandes rubros: i) modificación en el número y tipo de actores,

incluido el debilitamiento de estos; ii) transformaciones a nivel de políticas o cambios que facilitan la adopción de la innovación; y iii) ajustes y adaptación técnica de la innovación expresado en el desarrollo de innovaciones complementarias de proceso y de producto. Estos rubros dan cuenta de la complejidad de la innovación, lo cual exige garantizar un apoyo sostenido para la activación de las funciones del sistema y garantizar se apoye al entorno tecnológico, organizacional, de liderazgo e institucional, de manera que la innovación no se detenga. Esto implica tener una comprensión clara de las funciones que se están llevando a cabo y el contexto circundante que prevalece para identificar oportunidades de mejora en los procesos de innovación, y con ello diseñar medidas de política y estrategias de intervención.

6.4 Literatura citada

- Banco Mundial. (2008). *Incentivar la innovación agrícola: Cómo ir más allá del fortalecimiento de los sistemas de investigación*. Mayol Ediciones.
- Bergek, A., Hekkert, M., Jacobsson, S., Markard, J., Sandén, B., & Truffer, B. (2015). Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 51–64. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.003>
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37, 407–429. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>
- Brieva, S. S. (2006). *Dinámica socio técnica de la producción agrícola en países periféricos: configuración y reconfiguración tecnológica en la producción de semillas de trigo y soja en Argentina, desde 1970 a la actualidad*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Brooks, S., & Loevinsohn, M. (2011). Shaping agricultural innovation systems responsive to food insecurity and climate change. *Natural Resources Forum*, 35, 185–200.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31(2), 233–245. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00138-X)
- Clarke, E., Jackson, T. M., Keoka, K., Phimphachanvongsod, V., Sengxua, P., Simali, P., & Wade, L. J. (2018). Insights into adoption of farming practices through multiple lenses: an innovation systems approach. *Development in Practice*, 28(8), 983–998. <https://doi.org/10.1080/09614524.2018.1504890>

- Leeuwis, C., Smits, R., Grin, J., Klerkx, L., van Mierlo, B., & Kuipers, A. (2006). *The Design of an Innovation- Enhancing Environment* (No. 4).
- Lema, R., Rabellotti, R., & Gehl Sampath, P. (2018). Innovation Trajectories in Developing Countries: Co-evolution of Global Value Chains and Innovation Systems. *The European Journal of Development Research*, 30(3), 345–363. <https://doi.org/10.1057/s41287-018-0149-0>
- Low, J. W., & Thiele, G. (2020). Understanding innovation: The development and scaling of orange-fleshed sweetpotato in major African food systems. *Agricultural Systems*, 179, 102770. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102770>
- Markard, J., & Truffer, B. (2008). Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. *Research Policy*, 37(4), 596–615. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.01.004>
- Meijer, I. S. M., Hekkert, M. P., & Koppenjan, J. F. M. (2007). The influence of perceived uncertainty on entrepreneurial action in emerging renewable energy technology; biomass gasification projects in the Netherlands. *Energy Policy*, 35(11), 5836–5854. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.07.009>
- Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (2011). Global Value Chains Meet Innovation Systems: Are There Learning Opportunities for Developing Countries? *World Development*, 39(7), 1261–1269. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.05.013>
- Triomphe, B., Floquet, A., Kamau, G., Letty, B., Davo Vodouhe, S., N’gan’ga, T., & Hocdé, H. (2012). What does an inventory of recent innovation experiences tell us about agricultural innovation in Africa? *10th European IFSA Symposium*, 10.
- van Welie, M. J., Truffer, B., & Yap, X.-S. (2019). Towards sustainable urban basic services in low-income countries: A Technological Innovation System analysis of sanitation value chains in Nairobi. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 33, 196–214. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.06.002>
- Woltering, L., Fehlenberg, K., Gerard, B., Ubels, J., & Cooley, L. (2019). Scaling – from “reaching many” to sustainable systems change at scale: A critical shift in mindset. *Agricultural Systems*, 176, 102652. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102652>