



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

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

EL ROL DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CULTIVOS EN LA AGRICULTURA MEXICANA

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en
Ciencias en Estrategia agroempresarial

PRESENTA:

ROCÍO ABIGAIL ARISTA GONZÁLEZ

Bajo la supervisión de: J Reyes Altamirano Cárdenas, Doctor



Chapingo, Estado de México, a noviembre de 2023.

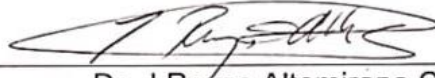


EL ROL DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CULTIVOS EN LA AGRICULTURA MEXICANA

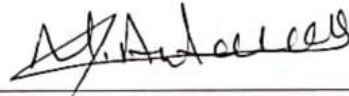
Tesis realizada por Rocío Abigail Arista González bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ESTRATEGIAS AGROEMPRESARIALES

DIRECTOR



Dr. J Reyes Altamirano Cárdenas



CODIRECTOR

Dr. Marco Antonio Caballero García

ASESOR



Dr. Roberto Rendón Medel

ASESOR



Dr. Alejandro Facundo Barrientos Priego

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	Justificación y planteamiento del problema	6
1.2	Objetivo general.....	8
1.3	Objetivos específicos.....	8
1.4	Preguntas de investigación.....	9
1.5	Hipótesis	9
1.6	Estructura de la investigación	9
1.7	Límite de la investigación.....	11
2	MARCO TEÓRICO	13
2.1	Sistema de semillas	13
2.2	Semillas mejoradas	14
2.2.1	Mejoramiento genético de cultivos	15
2.2.2	Objetivos de mejoramiento genético	17
2.3	Seguridad alimentaria.....	20
2.4	Cadena de valor	23
2.5	Modelos de negocio.....	25
2.6	Estrategia.....	26
3	MARCO REFERENCIAL	28
3.1	Producción de cultivos.....	28
3.2	Estructura del sistema de semillas de países en vías de desarrollo	29
3.3	Evolución del rendimiento de cultivos en países en desarrollo	32

3.4	Mejoramiento genético en México	35
3.5	El sector semillero en México	37
3.5.1	Sector privado	37
3.6	Regiones productivas en México	38
3.7	Producción y uso de semillas mejoradas por regiones productivas en México.....	41
4	METODOLOGÍA	44
4.1	Objetivo 1. Importancia de la semilla en la producción de cultivos	44
4.2	Objetivo 2. Análisis de la producción de 10 cultivos básicos de importancia en México en un periodo de 41 años.	44
4.3	Objetivo 3. Estructura de abasto de semillas mejoradas en México	46
4.4	Objetivo 4. Elaboración de una estrategia de transferencia de tecnología para una institución pública generadora de variedades vegetales.	48
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
5.1	Importancia de la semilla y su relación con la producción	48
5.2	Estimación de cambios en producción y rendimiento de diez cultivos en un periodo de 41 años.....	51
5.2.1	Producción de cultivos	51
5.2.2	Descomposición de los efectos asociados a la producción de cultivos. (variación en %)	55
5.3	Estructura de abasto de semillas mejoradas en México	58
5.3.1	Proveeduría.....	62
5.3.2	Transformación	66

5.3.3	Comercialización	67
5.3.4	Abasto de semillas certificadas	68
5.3.5	El sector obtentor en instituciones públicas: Caso Universidad Autónoma Chapingo	77
6	CONCLUSIONES	101
7	LITERATURA CITADA	103

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Caracterización de las regiones agroalimentarias en México.	41
Cuadro 2. Comportamiento de la superficie sembrada y la producción de 10 cultivos para el periodo 1980-2021 en México (en miles de t y ha).	51
Cuadro 3. Tipo de actores que participan en el proceso de certificación de semilla por cultivo.	64
Cuadro 4. Producción y abasto estimado de semillas certificadas a nivel nacional, calculados para el año agrícola 2020-2021.	69
Cuadro 5. Organismos que participan en la estructura de abasto de semillas mejoradas, por región productiva.....	72
Cuadro 6. Estructura de la cadena de valor de semillas mejoradas por región productiva en México.	73
Cuadro 7. Producción y abasto estimado de semillas mejoradas en la Región Noroeste.	73
Cuadro 8. Producción y abasto estimado de semillas mejoradas en la Región Noreste.	74
Cuadro 9. Producción y abasto estimado de semillas mejoradas en la Región Centro Occidente.	75
Cuadro 10. Producción y abasto estimado de semillas mejoradas en la Región Centro.	76
Cuadro 11. Producción y abasto estimado de semillas mejoradas en la Región Sursureste.....	76
Cuadro 12. Potencial de mercado para las semillas generadas en los diferentes centros de investigación de la UACH.	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la tesis.	11
Figura 2. Lienzo del modelo de negocios	26
Figura 3. Elementos que componen una estrategia de diferenciación.....	27
Figura 4. Matriz FODA con los atributos que se consideran en el análisis.	27
Figura 5. Composición básica de un sistema de semillas en Kenia, África.	30
Figura 6. Evolución de Rendimientos de los cultivos en países en desarrollo, 1961 a 2030.....	33
Figura 7. Evolución del rendimiento de maíz grano en México, periodo 1980 a 2021.....	34
Figura 8. La inversión en semillas y el rendimiento de maíz por hectárea para 24 estados en agricultura comercial, ciclo PV-2021.	50
Figura 9. Tasas de Crecimiento de las variables Producción y Rendimiento de diez cultivos, para un periodo de 41 años.....	53
Figura 10. Se muestra la contribución del efecto superficie y el efecto rendimiento en el incremento de la producción de cultivos.	55
Figura 11. Cadena de valor de semillas mejoradas a nivel nacional.	58
Figura 12. Registro y uso de variedades vegetales por instituciones públicas y privadas (acumulado de 2011-2021)	59
Figura 13. Composición de empresas asociadas a AMSAC según los grupos de cultivo que ofrecen.....	61
Figura 14. Eslabón de proveeduría con énfasis en la actividad de obtentor.....	63
Figura 15. Variedades inscritas y registradas por empresas privadas en México.	65
Figura 16. Número y tipo de solicitantes por cultivo.....	66
Figura 17. Antecedentes de innovaciones vegetales registradas por la UACH en el CNVV.	78

Figura 18. Antecedentes históricos de la UACH.....	81
Figura 19. Estructura de Chapingo.	82
Figura 20. Modelo de negocios propuesto.	94
Figura 21. Calendario de actividades para la implementación del modelo de negocios.	100

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo** y al **Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial** por la formación académica y las herramientas necesarias para ser una profesionalista útil al servicio de la sociedad.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por el financiamiento otorgado para la realización de mis estudios de posgrado.

Al **Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas** por su atención, tiempo y guía para desarrollar este trabajo de investigación, por ayudarme a reencontrar el foco cada vez que perdía de vista el objetivo.

Al **Dr. Marco Antonio Caballero García** por todo su apoyo y sus valiosas contribuciones a esta investigación.

Al **Dr. Roberto Rendón Medel** por compartir su conocimiento y experiencia, por su apoyo, tiempo y sugerencias para mejorar el trabajo de investigación.

Al **Dr. Alejandro Facundo Barrientos Priego** por sus valiosos comentarios y aportes.

A **mis profesores** por sus invaluable aportes durante mi formación de posgrado y a toda la **comunidad CUESTAAM** que fueron piezas claves durante la maestría, por su conocimiento, dedicación, apoyo y por sus cuestionamientos que nos obligaron a repensar lo que habíamos dado por sentado.

A los **Fitomejoradores de la UACH** por su tiempo y su disposición a compartir su invaluable experiencia y conocimiento del tema.

A mi amiga **Betzabé Robles** por estar presente a la distancia y apoyarme en la revisión de ciertas partes de este documento.

DATOS BIOGRÁFICOS

Rocío Abigail Arista González es agrónomo en Horticultura Protegida por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) en el periodo académico 2012-2017.

En 2017 realizó una estancia preprofesional en la Universidad de Concepción Campus Chillán, Chile, trabajo que fue presentado como ponencia en el XXV Congreso de la Sociedad Chilena de Fitopatología, al XIX Congreso Latinoamericano de Fitopatología y LVII Reunión de la División Caribe de la American Phytopathology Society.

Su trayectoria profesional comenzó en 2018 desempeñando actividades como:

Prestador de servicios en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL): mediante el programa Fomento a la Economía Social. De febrero a noviembre del 2018.

Docente en Universidad Autónoma De Baja California/Facultad de ingeniería y Negocios San Quintín (FINSQ) a alumnos en la etapa disciplinaria y terminal del programa Ingeniero Agrónomo. De enero del 2019 a enero del 2020.

Extensionista en el programa Componente Extensionismo, Desarrollo de Capacidades y Asociatividad Productiva 2018, SADER-SCSA, B.C en donde brindó el servicio de extensionismo a tres grupos de productores asociados de manera informal, en cadenas agrícolas y pecuarias; en diversas localidades del municipio de Ensenada. De julio del 2018 a marzo de 2021.

De septiembre 2021 a agosto de 2023 cursó sus estudios de maestría en el Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), de la UACH. Periodo en el que trabajó el tema de tesis titulado: “El rol del mejoramiento genético de cultivos en la agricultura mexicana”.

RESUMEN GENERAL

EL ROL DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CULTIVOS EN LA AGRICULTURA MEXICANA¹

El crecimiento poblacional genera presión en las políticas agrícolas y en la agricultura; se espera mayor producción de alimentos, forrajes, fibras, combustibles y productos forestales, para satisfacer las necesidades humanas básicas a partir de restricciones en tierra, agua y nutrientes. Entre los insumos clave para mejorar la eficiencia en la producción agrícola esta la semilla mejorada. El objetivo de este trabajo fue analizar la contribución de las semillas mejoradas en la producción de diez cultivos y caracterizar la estructura del sector semillero en el país. Se elaboró un modelo que asocia el costo de semillas como variable proxy con el rendimiento y se realizó el análisis del aumento en la producción descomponiendo la contribución por superficie y por rendimiento. En todos los casos se encontró que el aumento en la producción es atribuible principalmente al efecto rendimiento. En la estructura de abasto de semillas, se encontró concentración de actores en maíz y trigo, en donde participa principalmente el sector privado. La mayor concentración ocurre en la región noroeste del país con 276 empresas y en el centro occidente con 128 empresas, principalmente en la multiplicación y comercialización de semillas. No obstante, la importancia de las semillas, las características de la proveeduría en número, concentración regional y en cultivos, tiene implicaciones en un abasto deficiente por variedad y cantidad de mejoras que se necesitan en campo y no están disponibles para el productor, por ello es indispensable que las instituciones públicas del sector agropecuario consoliden su participación para transferir tecnologías generadas por las instituciones públicas al productor.

Palabras clave: semillas mejoradas, productividad, fitomejoramiento, estrategia de abasto, sector obtentor, políticas agropecuarias.

¹Tesis de Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Rocío Abigail Arista González.

Director de Tesis: J Reyes Altamirano Cárdenas.

ABSTRACT

THE ROLE OF CROP BREEDING IN MEXICAN AGRICULTURE¹

The population growth implies pressure on agricultural policies and agriculture; greater production of food, fodder, fiber, fuel and forest products is expected to satisfy basic human needs based on constraints in land, water and nutrients. Among the key inputs to improve efficiency in agricultural production is improved seed. The objective of this work was to analyze the contribution of improved seeds in the production of ten crops and to characterize the structure of the seed sector in the country. A statistical model that associates the cost of seeds as a proxy variable with yield was developed and the analysis of the increase in production was carried out by decomposing the contribution by area and by yield. In all cases it was found that the increase in production is mainly attributable to the yield effect. In the structure of seed supply, it was found concentration in crops such as maize and wheat, participating mainly the private sector. The highest concentration occurs in the northwest region of the country with 276 companies and in the central west with 128 companies, mainly in the multiplication and trade of seeds. Despite the importance of seeds, the characteristics of the supply in number, regional concentration and crops, has implications in a deficient supply by variety and amount of improvements that are needed in the field and are not available to the producer, so it is essential that public institutions of the agricultural sector consolidate their participation to transfer technologies generated by public institutions to the producer.

Key words: improved seeds, productivity, plant breeding, supply strategy breeding sector, agricultural policies.

¹Master of Science thesis in the Agribusiness Strategy Programme, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Rocío Abigail Arista González.

Advisor: J Reyes Altamirano Cárdenas.

1 INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad relevante para la economía de muchos países, puesto que además de proporcionar alimentos a su habitantes e insumos industriales, aporta numerosos productos a las exportaciones (De los Santos-Ramos et al., 2017). Actualmente esta actividad enfrenta serios retos que amenazan su eficiencia, por un lado, se espera una mayor producción de alimentos, forrajes, fibras, combustibles y productos forestales para satisfacer las necesidades básicas a partir de menos tierra, agua y nutrientes a causa de la crisis ambiental (Desalegn, 2017).

Un grupo de cultivos que resalta por su importancia para el sostenimiento de la vida es el de los cereales, éstos ocupan un lugar muy predominante en la seguridad alimentaria, puesto que, de acuerdo con la FAO (2023), los cereales son la fuente de alimentos de mayor importancia a nivel mundial, dado que su producción atiende las necesidades alimenticias de los seres humanos tanto de forma directa como indirecta, esto es, para la alimentación del ganado; que impulsa la producción pecuaria en todo el mundo.

La demanda de cereales ha crecido con mucha mayor rapidez que la producción en los países en desarrollo, por lo que sus importaciones netas han aumentaron desde 39 millones de toneladas anuales a mediados de los años setenta hasta 103 millones de toneladas en el periodo de 1997 a 1999, esto en términos relativos representó incrementar en 5 puntos porcentuales su consumo, pasando de 4 al 9 % y se estima que, en los próximos años, la dependencia de las el 14 % de su consumo anualmente (FAO, 2015b).

La producción agrícola requiere elementos como tierra, trabajo, capital y organización para obtener productos que pueden consumirse ya sea dentro del país o fuera de él. Sin embargo, no siempre es posible tener excedentes de producción y es necesario importar. Cuando el país tiene que importar alimentos básicos y prioritarios se dice que se encuentra en una situación de dependencia alimentaria (Rivera de la Rosa et al., 2014).

En los países en vías de desarrollo, la agricultura tiene mayor peso, debido a que el 21 % de la población reside en el campo y aun desarrolla labores agrícolas (INEGI,

2020b), sin embargo, gran parte de estas Unidades de Producción presentan muy bajos índices de eficiencia.

Asimismo, existen pequeños productores, en su mayoría, guardianes de la biodiversidad fitogenética o cultivos nativos que emplean semillas criollas las cuales tienen baja productividad, aunque si cuentan con un alto valor agronómico, culinario y sobre todo cultural, sin embargo, la problemática central en este, caso ronda acerca de cómo estos productores pueden ser competitivos en la producción de alimentos mientras se integran al mercado de productos de mayor valor (Caballero-García & Santoyo-Cortés, 2019).

Por su parte, el incremento de la producción agrícola puede hacerse mediante dos vías; bien sea aumentando las áreas de cultivo o incrementando la producción por unidad de área y mediante la utilización de la tecnología (Camarena Mayta et al., 2014), sin embargo, de acuerdo con Villalobos (2022), la principal causa de la dependencia alimentaria en México es que no se puede incrementar la superficie cultivable, lo que reduce las opciones al incremento de producción por unidad de área y el uso de tecnología.

Las alternativas para incrementar el rendimiento agrícola se encuentran en el corazón de la revolución verde y se refieren al uso de tecnología y crédito; las tecnologías relevantes para este fin son las semillas mejoradas, el uso de insumos y sistema de riego (Cadet-Díaz & Guerrero-Escobar, 2018; Hazell, 2009) y son los factores que explican el aumento del rendimiento a nivel de todos los cultivos vegetales, agrícolas y forrajeros; sin embargo, no solamente se trata de una solución tecnológica, sino de un entorno económico y político propicio (Hazell, 2009).

El incremento en la demanda de alimentos también genera presión extra en las políticas agrícolas del país, dado que el papel que esta actividad primaria desempeña en el desarrollo de sociedades sostenibles es clave; se espera mayor producción de alimentos, forrajes, fibras, combustibles y productos forestales para satisfacer las necesidades humanas básicas a partir de menos tierra, agua y nutrientes (Desalegn, 2017).

Las semillas de buena calidad son esenciales para cualquier producción de alimentos; también son un agente de transferencia de tecnología crucial para aumentar la productividad y la producción (Louwaars & De Boef, 2012). Además, las semillas son un producto potencial para estimular el desarrollo económico local y nacional y el espíritu empresarial, y son un componente importante de la biodiversidad agrícola (Louwaars & De Boef, 2012).

No obstante, los beneficios que se obtienen de las semillas mejoradas entendiéndose para fines de este estudio como aquellas derivadas de un proceso de mejoramiento genético convencional que incluye la producción de líneas, variedades de polinización abierta y la hibridación; su uso no está extendido en México.

En el país, la semilla mejorada es ofrecida por las grandes empresas quienes intervienen en el mercado con una participación de 85.3 %, seguidas de empresas pequeñas con 9.1 % y sociedades de producción rural con 3.8 % mientras que las semillas producidas por personas físicas e instituciones de investigación equivalentes a 1.9 %, teniendo una participación mínima en el abasto de semillas (Uzcanga Pérez et al., 2017); cabe mencionar que la producción obtenida aún es insuficiente para atender los requerimientos de este insumo, en el último trimestre del 2022 se gastaron 415 millones de dólares en importación de semillas, principalmente de especies hortícolas (Sistema de Información Económica, 2022), para abastecer la demanda nacional.

Se estima que el mercado mundial de semillas comerciales alcanzó los 44,944 millones de dólares en 2020 y el mercado experimentó un crecimiento del 4.9% en 2019, con una tasa de crecimiento anual compuesto (TCAC) del 3.8% entre 2010 y 2020 (IHS Markit, 2021).

En este contexto, el sector obtentor, dedicado a la mejora vegetal, es un sector clave para la alimentación y la economía. La mejora vegetal es el origen de las cadenas agroalimentarias y de los procesos de elaboración de derivados vegetales. Así, la competitividad y calidad de su actividad trasciende en todos los eslabones de la cadena beneficiando a la sociedad, el medio ambiente y la economía en su conjunto (Institut cerdà, 2021).

En este trabajo de investigación se analiza el papel de las semillas mejoradas en la evolución productiva de diez cultivos de importancia nacional en los últimos 41 años; y se propone una estrategia que abone a la elaboración de políticas públicas para el abasto efectivo de semillas en México.

1.1 Justificación y planteamiento del problema

El mejoramiento genético y la innovación en semillas han sido factores cruciales en el aumento de la productividad y los ingresos de los productores de todo el mundo (Aboites Manrique et al., 1999; Donnet et al., 2012). Pese a la importancia que tiene la agricultura en la economía de los países en vías de desarrollo, en México y Centroamérica, el uso de semilla mejorada es muy bajo con excepción de El Salvador, donde el uso de la semilla híbrida supera el 50 % de la superficie total sembrada con maíz, el resto de los países de la región registran un bajo uso de semilla mejorada, sembrándose una proporción importante de esta superficie con variedades de polinización libre, y muy poco con semilla híbrida (Espinoza et al., 2003a). Lo anterior tiene un amplio complejo causal, sin embargo, destaca el bajo nivel de desarrollo e innovación que predomina en dichos países, comparado con países como Estados Unidos y algunos de la Unión Europea como Francia, en donde la inversión en mejoramiento genético de variedades vegetales es alta.

En México, particularmente en las zonas de temporal, la demanda de semillas mejoradas es heterogénea y el resultado de la adopción es incierto (Donnet et al., 2012), considerando que de las más de 20 millones de hectáreas que se sembraron en México durante el año 2022, 14 millones fueron de temporal con un valor de producción aproximado del 37 % respecto a los 880 millones de pesos que representó la agricultura durante ese año (SIAP, 2023).

Se considera a la semilla como el primer eslabón de toda cadena agroalimentaria: y su importancia radica en que de su posesión, producción y comercio estriba la soberanía alimentaria y el desarrollo agropecuario de un país (Perelmuter, 2020); por lo que es necesario seleccionar variedades vegetales que ofrezcan mayor productividad, puesto que una mala cosecha no solamente afecta al productor, sino a la sociedad en general (ISF, 2020).

Una forma de revertir las limitantes ambientales actuales que se presentan en el campo, por la presencia permanente de la agricultura, es el uso de semillas mejoradas (SADER, 2020), el uso de éstas es un elemento clave en muchos países en desarrollo, para alcanzar niveles competitivos en la producción (Espinoza et al., 2003a), dado que en la actualidad se han desarrollado materiales que tienen el potencial de hacer frente a algunos retos del entorno agrícola, sin embargo, no toda esta tecnología es accesible dentro de los sistemas informales y los mecanismos de intercambio y mercados asociados siguen siendo limitados (Louwaars & De Boef, 2012).

De acuerdo con Turrent Fernández et al. (2012), una de las estrategias para mitigar el déficit de maíz grano, estimado en cerca de 10 millones de toneladas anuales, y valor aproximado de 2.5 mil millones de dólares, es incrementar la producción a través del mejoramiento genético de las variedades híbridas y eficiencia en el uso de agua mediante implementación sistemas de riego tecnificados (Uzcanga Pérez et al., 2017), dado que el uso de semilla mejorada ha permitido aumentar los rendimientos de diversos cultivos, entre ellos el maíz, pasando de 1.2 a 4.3 t ha⁻¹ considerando la media nacional, pero en ciertas regiones el rendimiento promedio ronda las 10.2 t ha⁻¹; alcanzado rendimientos superiores a 16 t ha⁻¹ (SNICS, 2021), no obstante, no existen trabajos que cuantifiquen el impacto de esta tecnología en la economía mexicana.

Los aspectos clave a considerar para cuantificar el aporte de las semillas a la producción agrícola son la disponibilidad, la cantidad, la calidad y la asequibilidad, es decir, el acceso físico a las semillas adecuadas en el momento oportuno y al precio adecuado (Louwaars & De Boef, 2012).

Es por ello, que en este trabajo se propone estudiar el aporte de las semillas mejoradas a la producción agrícola desde el enfoque de la disponibilidad, para lo cual se realizará el análisis desde la orientación de cadena de valor, para analizar la estructura de abastecimiento a nivel regional y nacional.

Adicionalmente, se propone una estrategia de política pública, que considera los principios recomendados por Louwaars y De Boef (2012) para promover el

desarrollo del sector semillero en el país; los cuales consisten en proponer políticas públicas que consideren la integración de los sistemas formal e informal de semillas con las instituciones, de forma pluralista e inclusiva, considerando a todas las partes interesadas tanto públicas como privadas y comunitarias o de los *stakeholders*, permitiendo que cada una de ellas asuma responsabilidades específicas en las cadenas de valor de semillas y así obtener resultados efectivos.

Tomando como base el planteamiento del problema previamente mencionado, se plantean los siguientes objetivos, preguntas de investigación e hipótesis.

1.2 Objetivo general

Analizar el papel de las semillas mejoradas en la agricultura de México en los últimos 41 años, a partir de estimaciones del cambio en productividad, superficie sembrada, e impacto en cadenas de valor, para proponer una estrategia de transferencia de tecnología, que contribuya al abasto de semillas; mediante los siguientes objetivos particulares:

1.3 Objetivos específicos

- Identificar la importancia de la semilla en la producción de cultivos.
- Analizar la producción de 10 cultivos básicos de importancia en México para el periodo 1980-2021; mediante estimaciones de cambios en superficie, rendimiento y el cálculo de tasas de crecimiento, además de la descomposición de factores para aislar los efectos de las variables asociadas a la producción, lo que permitirá conocer el porcentaje de contribución de cada una.
- Analizar la estructura de abasto de las semillas mejoradas en México, desde el enfoque de cadena de valor, para identificar los principales actores que intervienen en cada eslabón de la cadena.
- Proponer una estrategia de comercialización de semillas para una instancia pública, generadora de variedades vegetales con registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales.

1.4 Preguntas de investigación

Con base en los objetivos establecidos, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la importancia de la semilla en la producción de cultivos?
- ¿Cómo ha sido comportamiento de la producción de los principales cultivos básicos en México en los últimos 41 años y cuáles son los factores con mayor influencia en ella?
- ¿Cómo es la estructura de abasto de semillas mejoradas en México, quiénes participan y que tan efectivo es el abastecimiento actual?
- ¿Cómo se puede mejorar el abasto actual de semillas mejoradas en México?

1.5 Hipótesis

Se planteó que el cambio en la producción de los cultivos básicos en México ha estado influenciado fuertemente por el uso de semillas mejoradas, elevando los rendimientos en todos los cultivos implicados, lo que a su vez comienza con el trabajo de fitomejoramiento, no obstante, su importancia, este eslabón de la cadena es el más pequeño y centralizado respecto al número y tipo de actores que lo integran.

Además, existe una gran cantidad de semillas y variedades mejoradas en instituciones públicas que no se utilizan en campo, mismas que pueden ser de interés para productores actualmente desatendidos; se cree que si se incrementa la oferta de semillas mejoradas en cuanto a disponibilidad y diversidad de cultivos se mejorarán los índices de productividad agrícola.

1.6 Estructura de la investigación

Este trabajo de investigación está compuesto por seis capítulos (Figura 1).

El Capítulo I concierne a la Introducción; en donde se proporciona un panorama general de lo que incluye esta tesis, y se presenta la problemática, derivando en un objetivo general y cuatro objetivos específicos, así como las preguntas e hipótesis correspondientes.

El Capítulo II presenta un marco conceptual en el que se expone la base teórica que da sustento a la investigación, y está constituida por temas sobre las semillas mejoradas como tecnología y el mejoramiento genético como actividad, la cadena de valor y la evaluación de impacto. En cada uno se aborda el origen, definición y las características más importantes, así como algunos indicadores.

Adicionalmente y para complementar la teoría, se presenta el marco referencial en el Capítulo III, que incluye la evolución del rendimiento de cultivos en países en vías de desarrollo, las tendencias del mejoramiento genético de cultivos a nivel mundial y el mejoramiento genético en México, regiones productivas en México, los enfoques de mejoramiento que se abordan en México, el sector comercial de semillas, la producción de semillas mejoradas, así como el uso de éstas para los diez cultivos abordados.

El Capítulo IV contiene los materiales y métodos empleados para el análisis de la información recabada de manera presencial y virtual en el periodo 2021-2022, cabe mencionar que la metodología diseñada para la presente investigación se construyó después de analizar diversos artículos científicos.

En el Capítulo V se describen los principales hallazgos obtenidos en esta investigación, y se muestran ordenados con base en los objetivos y preguntas de investigación planteadas inicialmente.

Y finalmente el Capítulo VI corresponde a las conclusiones con respecto a los objetivos de esta tesis. Adicionalmente se presentan algunas recomendaciones en este apartado.

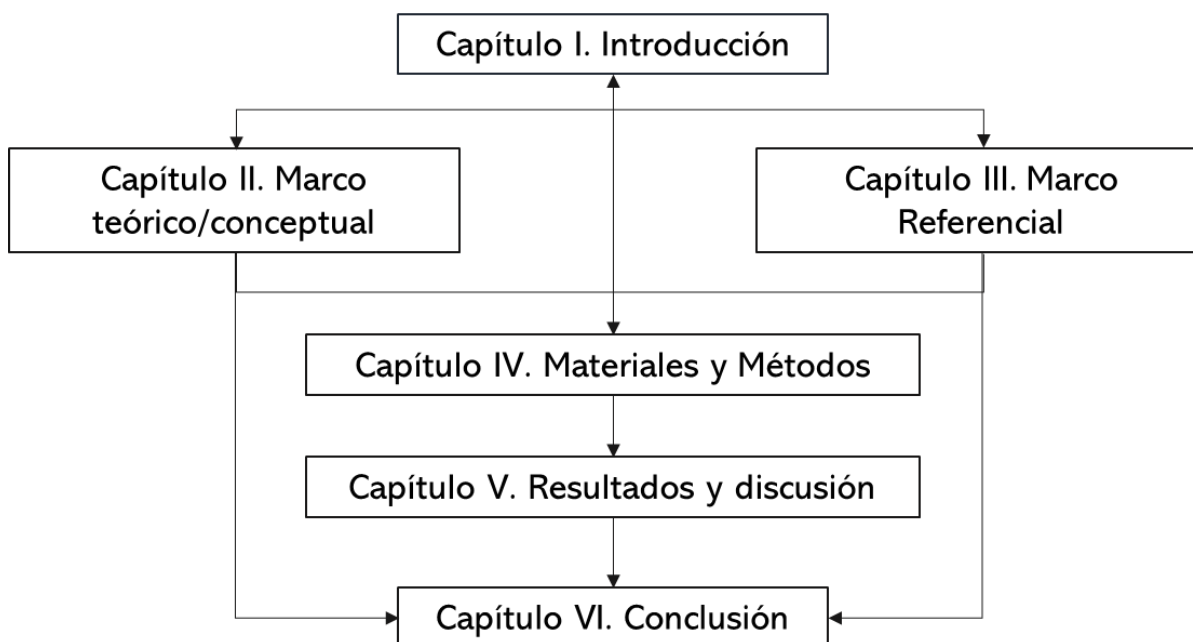


Figura 1. Estructura de la tesis.

Fuente: Elaboración propia

1.7 Límite de la investigación

Se abordó el abastecimiento de las semillas mejoradas en México, visto desde la perspectiva de diez cultivos de importancia nacional y principalmente básicos que a su vez son representativos para los subsectores de los cereales, leguminosas, oleaginosas y hortícolas, la selección de los cultivos analizados se realizó considerando además de la importancia nacional, la disponibilidad de información acerca de la producción de semillas certificadas por parte del SNICS.

La medición del abasto de semillas mejoradas se hace considerando el volumen de semillas certificadas y habilitadas, de las cuales se tiene registro en el SNICS.

Debido a la diversidad de subsectores en los cuales interviene el sector obtentor y la complejidad del proyecto, en la presente investigación se analizó el abasto a nivel nacional y regional, así como la estructura que opera; los principales actores que intervienen y finalmente se concluyó con una propuesta para comercializar semillas

básicas, elaborada para una institución pública generadora de variedades vegetales.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema de semillas

Un sistema de semillas se puede definir como la combinación de componentes, procesos y su organización para la producción y comercialización de una o más especies de semillas (Domínguez-García et al., 2019). Los sistemas de semillas son un pilar fundamental para la agricultura, la seguridad alimentaria y los medios de vida de millones de personas. A nivel nacional, los sistemas de semillas se componen del Sistema Formal de Semillas (SFS) y el Sistema Informal de Semillas (SIS), los cuales operan bajo lógicas de selección, producción y distribución diferentes (Escárraga et al., 2021).

El sistema de semillas de un país se compone de distintos sectores que, a su vez, lo integran diversos componentes interrelacionados entre sí, y puede incluir a cualquier persona o institución que se dedique a la investigación, selección, desarrollo, producción, multiplicación, procesamiento, almacenamiento, difusión, distribución y comercialización de semillas (Munyi & De Jonge, 2015).

Cuando los distintos componentes de la cadena de semillas (por ejemplo, la mejora genética, la producción de semillas o la distribución) están organizados y a cargo de agentes públicos o comerciales, normalmente se habla del sistema formal. Su opuesto, el sistema informal, suele definirse como el conjunto de las actividades de producción, selección e intercambio de semillas de los agricultores (Almekinders & Louwaars, 1999).

La estructura de los sistemas de semillas varía según ciertos factores con el tipo de agricultura que se practique, así como de los cultivos; ya sean cultivos alimentarios o forrajeros, producidos para el consumo doméstico y/o el mercado (cereales, legumbres, hortalizas), o producidos como cultivos comerciales dentro de una cadena de valor específica (cultivos oleaginosos, hortalizas, tabaco, algodón) (Louwaars & De Boef, 2012) .

El sistema de reproducción tiene un efecto importante en la estructura de los sistemas de semillas, y la variación se hace evidente al comparar la selección de

cultivos de cereales y legumbres con variedades híbridas de maíz y cultivos de reproducción vegetativa como la papa, la yuca y el plátano (Louwaars & De Boef, 2012).

Otro elemento clave es la orientación del sector de las semillas, que se organiza según los principios del desarrollo agrícola (seguridad alimentaria), los principios del mercado (profit), o una mezcla de ambos. Estas variaciones tienen grandes implicaciones en la estructura de las cadenas de valor de las semillas (Louwaars & De Boef, 2012).

En un contexto nacional, los objetivos y las oportunidades determinan en gran medida, cuáles de estas partes interesadas asumen el liderazgo y cuáles cooperan en estos sistemas de semillas. A su vez, la mezcla de actores tiene implicaciones para el tipo de programas y políticas que pretenden fortalecer el sector de las semillas (Louwaars & De Boef, 2012).

2.2 Semillas mejoradas

La semilla mejorada es el resultado exitoso de un proceso de búsqueda de una característica que se adecúe a las nuevas necesidades que van surgiendo en el entorno agrícola e industrial, las variedades mejoradas son resultado de años de investigación; el proceso de producción de una variedad mejorada bajo los métodos tradicionales demora aproximadamente diez años y se requieren grandes volúmenes de inversión, de innovación y de tecnología (Keller & Waller, 2002).

Existen cinco tipos de semillas reconocidas por La Ley Sobre Producción, Certificación y Comercio De Semillas del 2007, la básica, registrada, certificada, habilitada y declarada; por su parte, el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), quien es la instancia encargada de regular el cumplimiento de las disposiciones legales en materia de semillas y variedades vegetales, cuenta con el registro productivo de las semillas en categoría certificada y habilitada que son dos de las tres categorías que se usan directamente para siembra.

Las variedades criollas, también conocidas como variedades tradicionales tienen una amplia base genética que les confiere adaptabilidad y capacidad de respuesta a diferentes condiciones productivas, ambientales y sociales, pese a estos beneficios, sus rendimientos son inferiores y esto se debe principalmente a la endogamia generada por utilizar durante varios ciclos las mismas poblaciones, esto pone en riesgo, a largo plazo, la variabilidad del cultivo y la estabilidad de los agroecosistemas productores (Ferro Valdés et al., 2023; Keller & Waller, 2002).

Las semillas mejoradas en México datan del año 1940; y los registros indican que inició con el cultivo de maíz, por un lado, los campesinos proactivos y sagaces en la búsqueda de las semillas de buena calidad, fueron seleccionando de manera intuitiva, procurando atributos deseables; y por el otro lado, el individuo que sin ser agricultor está vinculado al mundo agrícola, descubriendo y/o desarrollando sus capacidades empresariales tras notar el vacío en el abasto de semillas de calidad prevaleciente en el país (Aboites, 2020).

2.2.1 Mejoramiento genético de cultivos

El mejoramiento de plantas data de que el hombre se hizo sedentario y empezó con una agricultura básica. Al principio por selección de los mejores ejemplares y después con la evolución de las ciencias, con el manejo de cruzamientos y recombinaciones genéticas (Saavedra Del Real, 2012). Los profesionales que realizan esta tarea se llaman fitomejoradores.

El fitomejoramiento radica en la capacidad del fitomejorador para observar diferencias que puedan tener valor económico en plantas de la misma especie, lo que permite desarrollar nuevas variedades que se adapten al entorno cambiante y que puedan contribuir al cuidado ambiental (Desalegn, 2017). Los cambios realizados en las plantas son permanentes y heredables, en consecuencia, el término "fitomejoramiento" se utiliza a menudo como sinónimo de "mejora de plantas" en la sociedad moderna. Es necesario enfatizar que los objetivos del fitomejoramiento están enfocados y tienen un propósito (Acquaah, 2012).

Uno de los propósitos más frecuentes es la búsqueda de adaptación, por ejemplo, para hacer frente a una disminución gradual de la fertilidad del suelo o a la presencia de nuevas enfermedades o cepas de enfermedades; para satisfacer las necesidades de los sistemas agrarios en proceso de cambio debido al aumento de la población; para afrontar la introducción de nuevas tecnologías o cambios radicales en los mercados alimentarios y agrícolas; o para hacer frente al cambio climático (Louwaars & De Boef, 2012).

Existen métodos de mejoramiento según el tipo de planta ya sea autógena o alógama. En el caso de las plantas autógenas se aplican métodos como son la selección, selección masal, selección de plantas individuales con pruebas de progenie, hibridación, método genealógico (pedigree), método de población (bulk), método de retrocruzamiento, métodos modificados y uso del vigor híbrido en la generación F1 (Vallejo Cabrera, 1988).

La mejora y adaptación de los cultivos, en tiempos de cambio de las condiciones agrícolas, seguirá siendo lenta mientras la selección de los agricultores dependa de formas naturales de crear diversidad (Louwaars & De Boef, 2012).

Por la naturaleza de esta actividad, genera impactos directos a la sociedad, el medio ambiente y las cadenas de valor.

En países como España, se han hecho investigaciones que buscan cuantificar la contribución del mejoramiento genético a la sociedad, por ejemplo, los incrementos en rendimiento de trigo pueden ser explicados en 50 % debido al uso de variedades mejoradas, dicho aumento en la producción de trigo ha contribuido al aumento de la producción de harina y, por ende, a mejorar el rendimiento de la industria harinera (Institut cerdà, 2021).

Para el caso de maíz 33 % de los cambios en productividad son atribuibles al uso de semillas mejoradas en el escenario conservador y 50 % en el escenario promedio europeo (Institut cerdà, 2021)..

Tomate al menos 50 % de los cambios en productividad en los últimos 30 años son atribuibles a la mejora vegetal. La mejora vegetal del tomate ha contribuido a la disminución del consumo de fertilizantes y agroquímicos (Institut cerdá, 2021).

2.2.2 Objetivos de mejoramiento genético

Algunos de los objetivos comerciales del mejoramiento genético vegetal son los siguientes:

Tolerancia y resistencia a patógenos

La mejora genética para resistencia enfermedades ha experimentado avances muy notables en los últimos años; este desarrollo se realiza tomando en consideración la relación entre la planta y el patógeno, puesto que el desarrollo de la enfermedad no depende sólo del genotipo de la planta, sino también de su interacción con el patógeno. En relación con el patógeno, se ha avanzado considerablemente en el conocimiento de la función de sus genes y en la identificación precisa de razas patogénicas mediante técnicas moleculares (Pérez de Castro & Diez, 2013).

Este último aspecto, muy importante desde el punto de vista práctico, ha facilitado en gran manera la identificación y manejo del patógeno con repercusiones importantes sobre la utilización de los genes de resistencia. Desde el punto de vista de la planta, se considera la repercusión que la clonación de genes de resistencia, las técnicas de transformación genética, el desarrollo de los marcadores moleculares y de la genómica y la identificación y utilización directa de determinados genes de resistencia, han tenido sobre el desarrollo de variedades resistentes en los cultivos (Pérez de Castro & Diez, 2013).

Todos estos avances han facilitado la identificación de genes de resistencia y su modo de acción, como el desarrollo de variedades resistentes, mucho más rápido y preciso en el momento actual (Pérez de Castro & Diez, 2013). Dado el progreso de la tecnología y el desarrollo de técnicas cada vez más novedosas, se espera que en los próximos años se obtengan materiales de mayor utilidad y cada vez más asombrosos.

Mejora de los rasgos de composición

Este tipo de fitomejoramiento se orienta a la búsqueda del mejoramiento nutricional, buscando añadir o potenciar la producción de ciertos compuestos que pueden ser de interés para la dieta o para un uso industrial.

Algunos ejemplos son la obtención de variedades de cultivos con alto contenido proteico (p. ej., maíz con alto contenido de lisina o de calidad proteica) para su uso en diversas partes del mundo. Adicionalmente, se requieren diferentes tipos de trigo para diferentes tipos de productos (p. ej., pan, pasta, galletas, sémola). Los mejoradores han identificado los rasgos de calidad asociados con estos usos y han producido cultivares con una expresión mejorada de estos rasgos (Desalegn, 2017).

La tecnología de ingeniería genética se ha utilizado para producir girasol con alto contenido de ácido oleico para uso industrial, mientras que también se utiliza para mejorar el valor nutricional de los cultivos (p. ej., provitamina A “arroz dorado”). La vida útil de las frutas (por ejemplo, el tomate) se ha prolongado mediante el uso de técnicas de ingeniería genética para reducir la expresión de compuestos asociados con el deterioro de la fruta (Desalegn, 2017).

Una de las principales instituciones con reconocimiento a nivel mundial que implementa este tipo de programas de mejoramiento, comprometidos con mejorar las cualidades agronómicas, de composición y nutricionales es el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) con sede en México.

Adaptación de cultivos

El proceso para que un cultivo se adapte a las condiciones climatológicas de una zona y pueda expresar su potencial productivo, es lento; porque implica varios pasos, que incluyen mejoramiento, pruebas en campo, generación de variedades y disseminación de germoplasma.

Las plantas de cultivo se producen en regiones de las que no son nativas porque los mejoradores han desarrollado cultivares con fisiología modificada para hacer frente a variaciones, por ejemplo, en la duración del día (fotoperíodo). Los cultivares

de maduración temprana se pueden usar para producir una cosecha de temporada completa en áreas donde prevalecen condiciones adversas para el final de la temporada de crecimiento normal (Desalegn, 2017).

En cultivos como la cebada y el tomate, hay cultivares comerciales en uso, con tolerancia a la sequía, el frío y las heladas. Variedades mejoradas que los mejoradores de cultivos identifican como superiores a las variedades locales bajo condiciones experimentales en realidad puede rendir sustancialmente menos bajo las condiciones de los agricultores debido al genotipo-por interacciones ambientales (Desalegn, 2017).

Resistencia al acame o al desgrane

El acame consiste en doblar o romper el grano antes de la cosecha, lo cual provoca pérdidas de rendimiento en granos pequeños, soja, maíz, sorgo y otros cultivos. La cantidad de alojamiento varía de un año a otro y está influenciada por la lluvia y las tormentas de viento antes de la cosecha y por los daños causados por enfermedades, insectos y otras causas (Desalegn, 2017).

En cereales, la reducción de la altura de la planta ha sido el objetivo principal para mejorar la resistencia al acame. Un muy buen ejemplo es la menor longitud de los entrenudos inferiores; el diámetro interior del culmo más pequeño y el mayor grosor del tejido mecánico en el arroz japónica mejoraron la fuerza del tallo y redujeron el riesgo de acame (Desalegn, 2017).

Resistencia al estrés

El desarrollo de germoplasma resistente al clima es posible mediante una combinación de enfoques de mejoramiento convencionales, moleculares y, en algunos casos, transgénicos.

Además de la productividad, la mejora de la tolerancia al estrés ambiental es esencial para todos los programas de mejoramiento. Las variedades de cultivos con mayor tolerancia al estrés abiótico, como el calor, las heladas, la acidez del suelo, los suelos ricos en aluminio y el estrés por sequía, pueden desempeñar un papel

importante en la gestión de la variabilidad climática actual y la adaptación al cambio climático (Desalegn, 2017).

Los hallazgos actuales, junto con los avances tecnológicos en genómica de cultivos y la genética establece el escenario para el mejoramiento de plantas en el que las defensas inducidas por los herbívoros pueden usarse para proporcionar una mejor resistencia de los cultivos contra el ataque de insectos. Trigo: los híbridos a menudo muestran un mayor rendimiento, una mayor estabilidad del rendimiento y una mejor resistencia al estrés abiótico y biótico que resultan de la heterosis (vigor híbrido) (Desalegn, 2017).

La tipificación que involucró colecciones extensas de líneas endogámicas e híbridos reveló que los híbridos eran superiores a la media de sus padres en rendimiento de grano, susceptibilidad a las heladas, roya de la hoja y mancha de *Septoria tritici*. Se observó una estabilidad del rendimiento de grano consistentemente mayor para los híbridos de trigo en comparación con las líneas en los ensayos de campo de multiplicación (Desalegn, 2017).

2.3 Seguridad alimentaria

El surgimiento del concepto data de la década del 70, basado en la producción y disponibilidad alimentaria a nivel global y nacional. En los años 80, se añadió la idea del acceso, tanto económico como físico. Y en la década del 90, se llegó al concepto actual que incorpora la inocuidad y las preferencias culturales, además, se reafirma la Seguridad Alimentaria como un derecho humano (FAO, 2011).

La seguridad alimentaria se define como un estado de satisfacción a nivel de individuo, hogar, nación y global, que se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana (FAO, 2011).

Actualmente se habla de la Seguridad Alimentaria Nutricional, ésta se define como un estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente,

de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo (FAO, 2011).

Las dimensiones que componen a la seguridad alimentaria son en primer lugar a la disponibilidad alimenticia como condición primaria para el abatimiento del hambre, y la Autosuficiencia alimentaria, definido como la capacidad de satisfacer la demanda efectiva de alimentos con respecto a la capacidad de abasto según las necesidades de la población sin recurrir a las importaciones y considerando también el poder de compra de la población en el corto plazo (Martínez Salvador, 2016).

Lo anterior, no necesariamente coincide con las necesidades de la población, sin embargo, brinda seguridad y equilibrio social, mientras que la seguridad alimentaria toma en cuenta los flujos alimentarios que afectan la balanza comercial y la disponibilidad de pagos y que, a largo plazo, para los productores nacionales implican cambios en la propiedad de la tierra, precios, crédito y salarios reales y así satisfacer las necesidades alimentarias internas (Rivera de la Rosa et al., 2014).

De acuerdo con Martínez Salvador (2016), la condición de seguridad alimentaria se define por condiciones de tipo agronómicas, biológicas, económicas y sociales en una región y puede verse afectada por múltiples elementos, a continuación, se presentan algunos:

- i) El incremento en el precio de los alimentos.
- ii) El incremento de la población de una región de manera desproporcional.
- iii) La pérdida de biodiversidad y daño a los ecosistemas, incluyendo suelos y mantos acuíferos, principalmente.
- iv) Sistemas agrícolas y cadenas productivas deficientes.
- v) Estructuras de mercado que dificultan el acceso a todos los consumidores
- vi) La industria que utiliza los productos alimenticios para producir otros bienes con fines distintos a la alimentación.
- vii) Crisis financieras y energéticas.

Asimismo, la seguridad alimentaria tiene una estrecha relación con la dependencia alimentaria, pues la importación que un país realiza de granos básicos provenientes de otro genera migración, desnutrición, incremento del desempleo y de empleos informales y precarios (Rivera de la Rosa et al., 2014). Según la FAO (2015a), en los países en desarrollo, el mejoramiento de los cultivos y una adecuada oferta de semillas a precio asequible son factores esenciales para la seguridad alimentaria y la nutrición, y para el logro de mejores condiciones de vida.

En este sentido, y considerando el papel prominente que desarrolla la semilla en toda cadena agroalimentaria, se afirma que quien controla la semilla, tiene también el control de las cadenas productivas y, en consecuencia, tiene en sus manos la disponibilidad de alimentos (Perelmuter, 2020). Es por ello, que se requiere una estructura política que sea efectiva y eficiente para regular la interacción entre los distintos actores que participan en el sistema de semillas a nivel nacional.

Según Louwaars y De Boef (2012), las semillas juegan un papel predominante en la seguridad alimentaria, cumpliendo distintas funciones y éstas deben ser consideradas en la elaboración de estrategias de desarrollo del sector semillero, juntamente con la iniciativa empresarial, la transferencia de tecnología y la biodiversidad; no obstante, el objetivo de apoyar el desarrollo del sector de las semillas no se enmarca únicamente en las políticas dirigidas a cada una de esas cuatro áreas de atención, puesto que, los múltiples objetivos crean una complejidad en la que no existe una única estrategia para el desarrollo agrícola y por tanto, para el desarrollo del sector de las semillas, dado que la seguridad alimentaria se convierte en un problema de desarrollo económico cuando se refiere a la inseguridad de no poseer los medios monetarios para los alimentos suficientes y necesarios (Rivera de la Rosa et al., 2014).

Existe un concepto desarrollado por Louwaars & De Boef (2012), que abarca estos objetivos múltiples; el Desarrollo Integrado del Sector de Semillas (ISSD por sus siglas en inglés) utiliza un enfoque sistémico para comprender mejor la complejidad y aplica un enfoque de cadena de valor para identificar diferentes sistemas de semillas que operan en paralelo, en un modelo dinámico. Estos sectores se

caracterizan como la base para el desarrollo de programas y políticas destinados a un desarrollo intenso y pluralista del sector de las semillas.

Por lo tanto, la baja productividad del campo que conlleva a México a no tener una autosuficiencia alimentaria es producto, en parte, de la dualidad entre grandes y pequeños productores acompañados de políticas de fomento que privilegia a los primeros en términos productivos y a los segundos en términos asistencialistas, aunque los pequeños productores no necesariamente son incompetentes (Rivera de la Rosa et al., 2014).

2.4 Cadena de valor

Los aportes teóricos a la definición de Cadena de Valor (CV) se le atribuyen a Porter (1985), quien propuso el concepto para identificar las formas de generar mejor beneficio para el consumidor y con ello obtener una ventaja competitiva, definiéndola como “la desagregación de las principales actividades de una empresa que generan valor al producto o servicio para identificar sus fortalezas y debilidades y generar ventajas competitivas convirtiéndose en una acción estratégica de la empresa”, esto significa lograr la fluidez de los procesos centrales de una organización para llevar un producto desde la producción hasta la comercialización, donde se efectúa una interrelación funcional basada en la cooperación.

La CV parte de la premisa de producir y comercializar bienes y servicios con un enfoque de demanda. Esto significa que para producir o crear un producto o servicio que cumpla con sus expectativas y características se requiere estudiar al consumidor, quien actualmente es cada vez más exigente y cambiante, demanda productos y servicios en función de sus características y circunstancias (Rojas Rojas et al., 2023).

Una de las características más relevantes de las CV es su dinamismo, el cual permite que los actores involucrados se integren de forma horizontal y vertical, con características particulares como la coordinación, cooperación, confianza, gobernanza, el flujo de información, la sostenibilidad y la innovación, para hacer

frente a la creciente demanda de alimentos para segmentos de mercados individualizados, diversificados y sofisticados (Rojas Rojas et al., 2023).

Por ello, se requiere conocer las necesidades específicas de cada segmento de mercado, captando la mayor información posible para que los actores involucrados en la CV reaccionen con la mayor rapidez y flexibilidad para adecuar sus productos y servicios ante la demanda del consumidor final (Rojas Rojas et al., 2023).

De acuerdo con algunos autores (Padilla Pérez & Oddone, 2016), para analizar una cadena de valor, es indispensable considerar por lo menos tres elementos básicos y son los siguientes:

- a) Identificar su composición y estructura, tanto en número y tipo de eslabones, como de actores que intervienen.
- b) Identificar el tipo y número de relaciones entre eslabones y dentro de ellos. Si existe algún tipo de cooperación, los intereses que los mueven, etcétera.
- c) Identificar el nivel de apropiación del valor agregado dentro de la cadena. Conocer las alternativas para obtener mayor valor, identificar si ya hay actores que lo están haciendo y que eslabones están participando.

Es por ello, por lo que se considera a la CV como una herramienta de análisis que permite formular acciones estratégicas para el mejoramiento de una empresa u organización.

No obstante, es necesario considerar que cada cadena de valor es única en estructura y comportamiento. Su ejercicio está en función de factores como la estructura de mercado en la que participa, el nivel de gobernanza que se tenga, las capacidades o atributos de sus actores, así como las condiciones geográficas y socioeconómicas de los territorios en los que se desenvuelve, por mencionar algunos (Gaudin & Padilla Pérez, 2020).

2.5 Modelos de negocio

El término modelo de negocio refiere según Osterwalder & Pigneur (2011), a la lógica que opera un plan de trabajo para forjar una idea de negocio. En este esquema, se define la creación, esencia y entrega del valor potencial que se exhibe, a través de una estructura sistematizada que permite identificar claramente cada uno de sus componentes.

En el modelo de negocios se establecen las bases sobre las que operará una empresa, con la finalidad de ser rentable y eficaz en el posicionamiento de un nicho de mercado previamente definido (Quiñonez Zúñiga, 2019); así pues, se puede decir que un modelo de negocios consiste en una serie de elementos orientados a alcanzar un objetivo, en este caso de tipo comercial.

Autores como Morris et al. (2005), identificaron tres aspectos que incluye un modelo de negocios, y estos son el entorno económico, operacional y estratégico. A continuación, se presenta una definición que integra los diferentes semblantes:

"Un modelo de negocio es una representación concisa de cómo un conjunto interrelacionado de variables de decisión en las áreas de estrategia de riesgo, arquitectura y economía se dirigen a crear un sistema sostenible con ventaja competitiva en mercados definidos".

A continuación, se presenta el lienzo del modelo de negocios, el cual está integrado por nueve módulos (Figura 2), mismos que permiten diseñar modelos nuevos o existentes. Este es un instrumento muy práctico que promueve la comprensión, el debate, la creatividad y el análisis para presentar una idea, además de ser muy visual y permite sintetizar los elementos clave a tener en cuenta a la hora de presentar un modelo de negocios (Osterwalder & Pigneur, 2011).



Figura 2. Lienzo del modelo de negocios

Fuente: Elaboración propia con información de Osterwalder & Pigneur (2011).

2.6 Estrategia

El término estrategia puede definirse como una capacidad de cambio ante una situación de la que se desean obtener resultados específicos, claros y definidos.

Según Grant & Jordan (2015), una estrategia marca el rumbo y establece el alcance de una organización sobre el largo plazo, a través de la asignación y distribución de los recursos para alcanzar los objetivos.

La combinación de los recursos con los que cuenta la organización puede dar lugar a diversos tipos de estrategia, pudiendo ser, reactivas o proactivas, lo que da lugar a una estrategia de diferenciación generando una ventaja competitiva (Brenes et al., 2020) a continuación, en la Figura 3 se presentan los elementos de una estrategia de diferenciación:

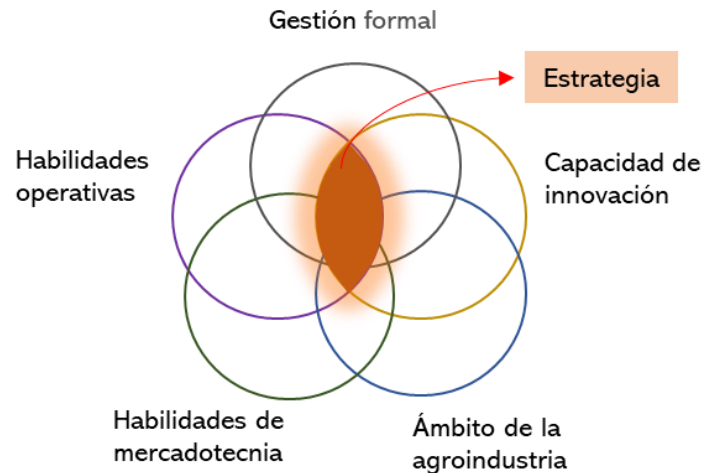


Figura 3. Elementos que componen una estrategia de diferenciación

Fuente: Elaboración propia con información de Brenes, et al. (2020).

Uno de los instrumentos que ayuda a definir la estrategia es el análisis FODA el cual se esquematiza y se explica a continuación:

El análisis FODA (Figura 4.) representa el estudio de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, viéndolos como atributos que pueden ser vinculados a la estrategia a construir para que una empresa alcance sus objetivos (Sánchez Huerta, 2020).

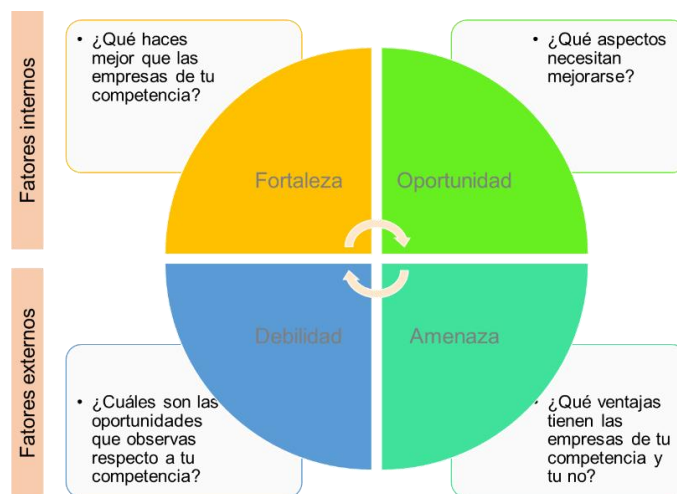


Figura 4. Matriz FODA con los atributos que se consideran en el análisis.

Fuente: Elaboración propia con Información de Sánchez Huerta (2020).

3 MARCO REFERENCIAL

3.1 Producción de cultivos

La producción de cultivos es el resultado de la explotación de la tierra para obtener bienes, principalmente, alimentos como cereales y diversos tipos de vegetales.

Un aspecto que caracteriza a la producción agrícola es su alto nivel de dependencia al clima, incluyendo sequías y otros desastres naturales, lo que representa una actividad con alto nivel de riesgo.

Según la Branca et al., (2014) las opciones para la producción adicional de cultivos son los siguientes:

- ❖ Intensificación: Se refiere al incremento de la producción anual, debido a un aumento en el rendimiento del cultivo el cual es obtenido a partir de la implementación de mejoras en las prácticas agrícolas y/o el aumento de los insumos (por ejemplo, semillas, fertilizantes, pesticidas, maquinaria).
- ❖ Cambio de cultivos: Se refiere al incremento de la producción anual, debido a un aumento del área de producción de los cultivos analizados. El aumento del área de producción de los cultivos analizados se debe a su expansión sobre tierras que actualmente se encuentran destinadas a la producción de otro cultivo. Por lo tanto, disminuye la zona de producción del cultivo actual.
- ❖ Extensificación: Hace referencia al incremento de la producción anual, debido al aumento del área de producción de los cultivos analizados relacionada con la incorporación a la producción agrícola de nuevas tierras, lo cual conlleva al cambio de usos del suelo. El cambio de usos del suelo puede consistir en utilizar tierras cultivables ociosas o la transformación de otras clases de uso de suelo en tierras de cultivo (por ejemplo, la conversión de tierras clasificadas como cultivos permanentes, pastizales, praderas y pastos, bosques u otras tierras de cultivo).

3.2 Estructura del sistema de semillas de países en vías de desarrollo

La industria semillera de Latinoamérica ha presentado una gran expansión en los últimos 30 años, esto debido al desarrollo de las herramientas biotecnológicas aplicados al fitomejoramiento y la expansión de mercados, los cuales son cada vez más globalizados (Arenas Calle et al., 2015); no obstante, el sector de las semillas en estos países aun no puede proporcionar a los agricultores un acceso adecuado a semillas de calidad, por lo cual el sector informal sigue siendo la principal fuente de las semillas utilizadas por los agricultores, como ocurre en México (Escárraga et al., 2021).

Una política de semillas garantiza que la visión del Gobierno se refleje fielmente en las operaciones cotidianas del sector de las semillas. Ese vínculo es importante, porque las políticas bien diseñadas pueden poner a los interesados del sector en condiciones de comprender sus papeles, sus responsabilidades y las contribuciones que de ellos se esperan. Por lo tanto, las políticas de semillas orientan las actividades y hacen posible un funcionamiento ordenado del sector de las semillas sin necesidad de una constante intervención gubernamental (FAO, 2015).

Hasta los años ochenta los gobiernos nacionales cumplieron un papel prominente en relación con los diversos componentes del sector de las semillas y con el desarrollo de dicho sector. De allí en adelante los organismos públicos nacionales se han desentendido en gran medida de la producción de semillas. En algunos países y en relación con ciertos cultivos ese proceso dio lugar al desarrollo de un sector privado dinámico en materia de semillas, pero en muchos otros países el sector público respectivo se desplomó sin que surgiera en el sector de las semillas un sector privado que los sustituya (Escárraga et al., 2021).

El sistema de semillas de Kenia está compuesto por una diversidad de sistemas, tanto en el ámbito formal como en el informal (Figura 5).

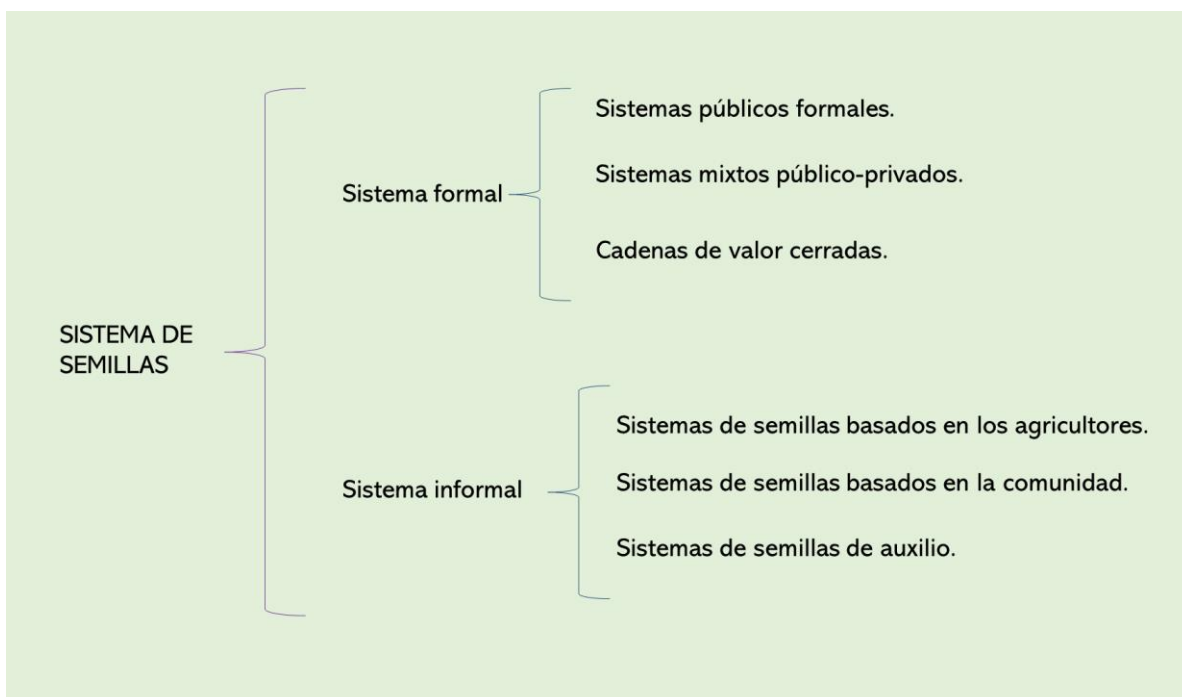


Figura 5. Composición básica de un sistema de semillas en Kenia, África.

Fuente: Elaboración propia con información de Louwaars & De Boef (2012).

El sector formal de las semillas en este país se compone de múltiples subsistemas de semillas. Aquí se pueden distinguir tres categorías principales: los subsistemas públicos formales de semillas, los subsistemas mixtos público-privados de semillas y las cadenas de valor cerradas. Los subsistemas mixtos público-privados de semillas se caracterizan por la participación tanto del sector público como del privado en la cadena de valor de las semillas. El sector público suele encargarse de la investigación en mejora genética, mientras que el privado multiplica y distribuye las semillas a los agricultores (Munyi & De Jonge, 2015).

Los países de América latina que presentan mayor desarrollo en sus sistemas de semillas, tienen en común que sus gobiernos han implementado y adoptado estándares internacionales referentes a la producción, la calidad, la comercialización y la protección de variedades vegetales; por ejemplo la normatividad de la Unión Internacional para la Protección de Obtentores de Variedades Vegetales (UPOV), la generación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), así como la Asociación

Internacional de Análisis de Semillas (ISTA) el cual tiene que ver con el establecimiento de estándares en términos de calidad; así como la firma de convenios y tratados internacionales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Arenas Calle et al., 2015).

En el caso de Brasil se evidencia una industria de semilla dinámica con participación de los sectores privado y estatal en investigación y desarrollo a través de la Empresa Brasileira de Investigación Agrícola (EMBRAPA) (Arenas Calle et al., 2015).

A continuación, se muestran algunas iniciativas que se realizan en regiones de África subsahariana, para fomentar el desarrollo del sistema de semillas, con lo cual se aumenta la disponibilidad y la calidad de las semillas en África:

- Reforzar las funciones públicas de control de calidad de semillas y registro de variedades;
- Apoyar a las empresas multinacionales de semillas comerciales para que produzcan y comercializar sus semillas;
- Reforzar la iniciativa empresarial nacional o local en el sector de las semillas;
- Proporcionar apoyo a los agricultores para producir semillas de mejor calidad; y
- Suministrar semillas como parte de los suministros de emergencia.

A su vez, existe una diversidad de prácticas y realidades en el desarrollo del sector de las semillas. Muchas de estas prácticas se han creado sobre la base de un enfoque lineal del desarrollo del sector de las semillas, partiendo por tanto del supuesto de que existe un sector o sistema de semillas concreto. Estas prácticas han apoyado al sector público de las semillas desde la década de 1970 y principalmente al sector privado de las semillas desde la década de 1990. Del mismo modo, las políticas de semillas se han diseñado y aplicado dentro de este enfoque lineal. Esto ha dado lugar a programas de semillas que son incoherentes con las prácticas y variaciones que existen en la agricultura (Louwaars & De Boef, 2012).

3.3 Evolución del rendimiento de cultivos en países en desarrollo

La evolución del rendimiento en los países en vías de desarrollo se debe principalmente al avance tecnológico y de forma complementaria el contexto económico y político que predomina. A continuación, se presentan ejemplos de factores que han impulsado el incremento del rendimiento agrícola en algunos de estos países.

Hasta antes de la revolución verde, el incremento del rendimiento de cultivos era lento, lo cual cambio a partir de 1960 cuando los rendimientos agrícolas mundiales se duplicaron, explicado por la “Revolución verde”, proceso que tuvo lugar en la década de los sesenta impulsado por las hambrunas e incrementos en malnutrición que muchos países en vías de desarrollo enfrentaban (Hazell, 2009), esto llevó a las fundaciones Rockefeller y Ford a promover un programa de investigación y desarrollo de tecnologías agrícolas enfocadas a incrementar los rendimientos en cultivos como el trigo, arroz y maíz, principalmente (Cadet-Diaz & Guerrero-Escobar, 2018).

A partir de 1960, la evolución del rendimiento en los distintos países (Figura 6) se debe a factores de tipos socioeconómicos y geográficos, principalmente.

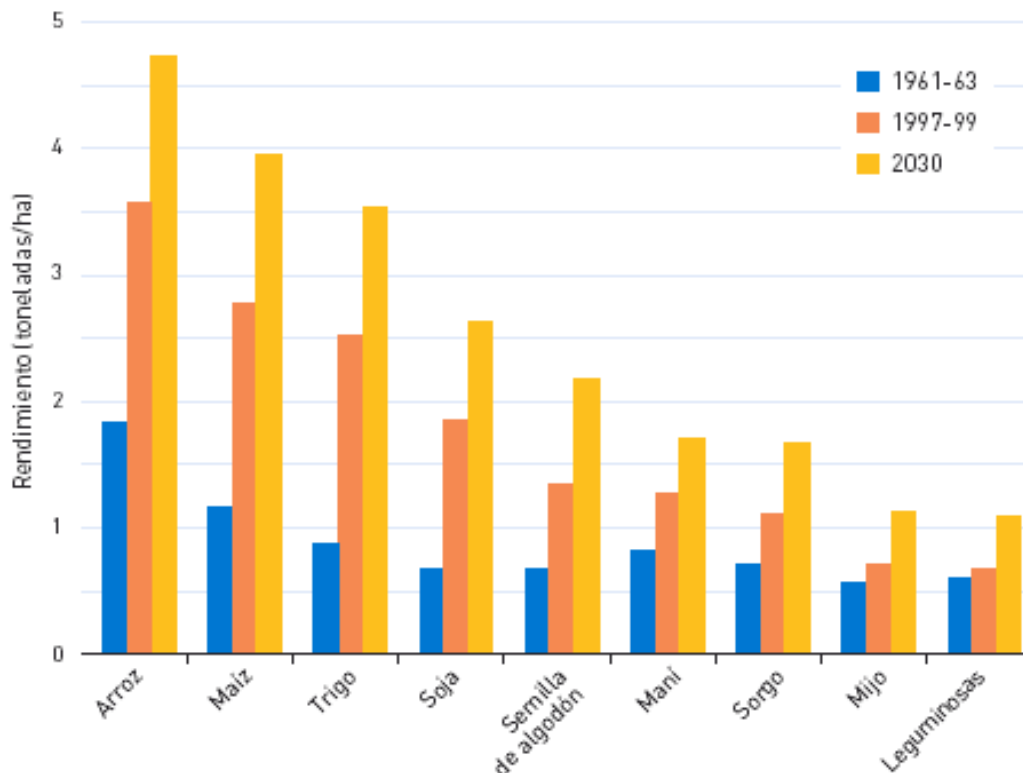


Figura 6. Evolución de Rendimientos de los cultivos en países en desarrollo, 1961 a 2030.

Fuente: FAO (2015).

En países como China, el incremento en rendimiento del maíz en 1980 estuvo asociado a cambios en las políticas agrarias y tecnológicas; una de las iniciativas empleadas fue el permitir que los institutos de investigación se autofinanciaran mediante la venta de tecnología aplicada, con lo que se fomentó la investigación agrícola y se establecieron sistemas agronómicos altamente productivos gracias al riego (Cadet-Díaz & Guerrero-Escobar, 2018). Esto dio pie a que a finales de los años noventa China se convirtiera en líder mundial en biotecnología agraria, figurando como uno de los países con mayor inversión en investigación y desarrollo rural en el mundo (Huang & Rozelle, 2009).

Por su parte, Argentina, a partir de la década de los noventa tuvo un cambio estructural en el sector agrícola, asociado a los avances tecnológicos, a nuevas formas de organización, y a los cambios en política económica y fiscal, con lo que

fue posible incrementar el rendimiento del maíz por encima de las cuatro toneladas por hectárea (Cadet-Díaz & Guerrero-Escobar, 2018).

Los factores que favorecieron el incremento de los rendimientos en Brasil fueron la apertura y un mayor acceso a mercados internacionales, detonando grandes inversiones en infraestructura e investigación agrícola (Magalhaes & Xinshen, 2009; Rosegrant et al., 2015).

En el periodo de 2008 a 2009 se aprobó la siembra de maíz transgénico en Brasil y esto implicó un incremento en la tendencia de los rendimientos, tal como sucedió en Argentina (Netto Parentoni et al., 2013).

La evolución del rendimiento del maíz grano en México, ha mostrado una tendencia creciente tanto en la modalidad de riego, como de temporal (Figura 7).

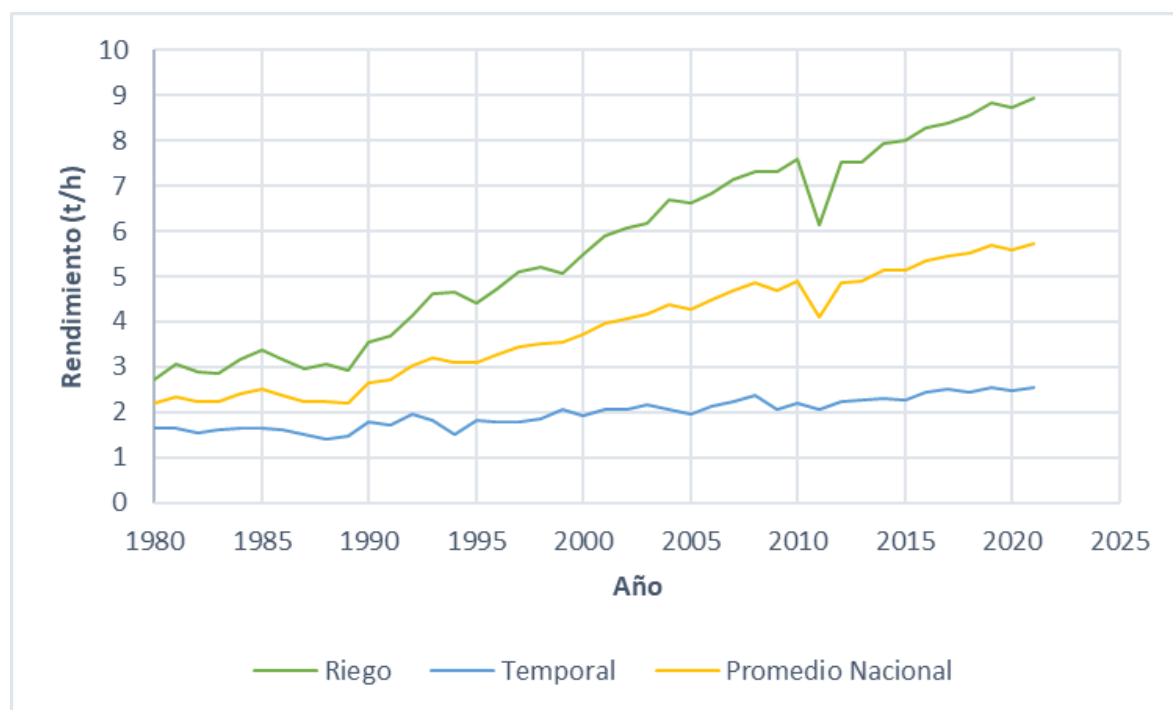


Figura 7. Evolución del rendimiento de maíz grano en México, periodo 1980 a 2021.

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP (2021).

Pese a que la tendencia del rendimiento es creciente en ambas modalidades, hay una marcada diferencia en el rendimiento bajo riego con respecto al temporal, entre los principales factores se encuentra el tipo de mejoramiento que se realiza para

cada modalidad; mejoramiento por biotecnología para la modalidad en riego y mejoramiento masal para la modalidad de temporal.

De forma general, los incrementos en rendimientos de maíz en los principales países en desarrollo están ligados a tres factores que se expresan a continuación (Cadet-Diaz & Guerrero-Escobar, 2018):

- 1) Marco de políticas comerciales, que permitan el acceso a mercados externos, tanto para exportar como para importar insumos.
- 2) Fomento a la investigación y desarrollo aplicados a la agricultura, así como a la adopción de semillas transgénicas.
- 3) Fortalecimiento de las cadenas comerciales.

Bajo las premisas anteriores, este trabajo busca entender la dinámica de producción presente en México a nivel nacional y regional, identificando los cambios y aislando en qué medida éstos se deben al mejoramiento genético.

3.4 Mejoramiento genético en México

La investigación y desarrollo de nuevas variedades se encuentra concentrada en unas pocas empresas trasnacionales y algunas empresas semilleras nacionales; instituciones públicas en donde sobresale el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con programas de mejoramiento en 48 cultivos, pero con mayor número de registros en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales en los cultivos de maíz, frijol y arroz, para diversas regiones con características particulares; el Centro Internacional de Mejoramiento en Maíz y Trigo (CIMMYT).

A nivel nacional, la investigación agrícola formal tuvo su inicio en 1853, con la creación del Colegio Nacional de Agricultura (hoy Universidad Autónoma Chapingo), que se fortaleció en el año de 1919 que fue cuando se establecieron las primeras Estaciones Agrícolas y en el año de 1943 con la instalación de la Oficina de Estudios Especiales (OEE) la cual fue costeadada por la Fundación Rockefeller. En 1946 se fundó el Instituto de Investigación Agrícola (IIA), el cual se fusionó en 1961

con la OEE para dar origen al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) (SADER, 2020).

Algunos de los trabajos generados por las instituciones señaladas fueron aquellos asociados con la colecta, selección y mejoramiento del material genético, principalmente en maíz y trigo, lo que dio origen a variedades mejoradas obtenidas a través de la aplicación de métodos de mejoramiento genético. Los pasos siguientes fueron la evaluación, validación y multiplicación de esas variedades, estableciendo algunos programas de producción de semilla.

Posteriormente, en el año 1961 se publicó la primera Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas, que dio origen al Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y que establecía que el mejoramiento genético de plantas estaría a cargo del INIA, posteriormente, las semillas categoría Original que se generaran serían entregadas a la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) para su posterior aprovechamiento en los programas de producción de semilla a nivel comercial. De esta forma comenzó la formación del sector agrícola para adquirir semillas mejoradas; así, el gobierno tenía el control en la generación, producción y comercio de semillas. No obstante, el sector privado logró incorporarse a la investigación y generación de variedades en 1976 (Domínguez, 2021).

A inicios de los años 1980s hubo un cambio significativo en la economía global, lo que promovió la fusión y cierre de instituciones públicas que apoyaban la agricultura, entre ellas el cierre de la PRONASE que finalizó en 2007.

Hasta inicios de la década de los 80s, el papel del gobierno en la producción y abasto de semillas fue predominante, el medio utilizado fue a través de organismos públicos nacionales. Posteriormente, sector semillero sufrió una serie de cambios y adecuaciones conforme dictaba la política internacional, nacional y algunos convenios de comercio internacionales (SNICS, 2021).

Actualmente se pueden identificar dos sectores según el tipo de agricultura que se practique, la agricultura ligada a mercado, atendido por el sector comercial y la agricultura de subsistencia atendido por el sector de autoconsumo (SNICS, 2021).

3.5 El sector semillero en México

En el sector alimentario, las semilla y por lo tanto las empresas dedicadas a su obtención son el origen de la cadena alimentaria. Por ello son un elemento clave para la obtención de alimentos y aportan un importante valor añadido a toda la cadena. Su labor ha permitido que la oferta de productos agroalimentarios haya mejorado tanto en calidad como en versatilidad en los últimos años permitiendo aumentar la oferta a los consumidores.

AMSAC: la Asociación Mexicana de Semilleros A. C., es una Asociación Civil que lleva cincuenta años promoviendo la producción y uso de semillas mejoradas para siembra y la investigación fitogenética en México. La AMSAC es la referencia nacional e internacional en todo lo concerniente a semillas para siembra en México.

Con una afiliación voluntaria de más de 70 empresas socias nacionales e internacionales, que producen, investigan y comercializan semillas, así como proveedores de servicios para la industria semillera, representa 85% de la producción y comercialización de semillas mejoradas (AMSAC, 2023).

Las empresas asociadas desempeñan un papel fundamental en el sector agrario, como investigadores y proveedores de una tecnología esencial para el desarrollo agrícola: las nuevas variedades.

3.5.1 Sector privado

El Sector privado de semilla, también llamado sector comercial, tuvo su origen con la mercantilización de variedades novedosas, en donde participaba la ya extinta PRONASE como principal actor, además, se contaba con la ayuda del gobierno; las variedades comercializadas iban dirigidas a productores con buen temporal y con sistemas de riego, dado que es bajo estas condiciones que la semilla mejorada expresa su potencial genético y productivo (Aboites, 2020).

Una vez que la PRONASE desapareció, se dio lugar a las empresas privadas que ya existían y favoreció el nacimiento de nuevas empresas y organizaciones sociales para ocupar su lugar; en la actualidad el SNICS presta servicio a más de 600

empresas que participan en la producción de semilla categoría Certificada (SNICS, 2021).

El valor estimado del mercado de semilla en el país es de 1,000 millones de dólares al año y el abasto de semillas mejoradas se lleva a cabo mediante un sistema formal de semillas, actualmente existen más de 600 empresas de tipo social y comercial en Programas de producción de semillas certificadas (SADER, 2022; SNICS, 2023).

Con respecto al mercado de semillas comerciales, éste es uno de los más concentrados y está controlado por un puñado de empresas transnacionales (Perelmuter, 2020).

Pese a la cobertura que alcanza el sector privado (67.6 % de la superficie agrícola), la producción potencial por el uso de semillas mejoradas aún no se ha alcanzado y en diversas zonas del país todavía se utiliza el grano de la cosecha anterior como sustituto de semilla de calidad, producida especialmente para ese fin (SADER, 2022; SNICS, 2023).

Dentro del sector comercial, 25 % de las empresas se dedican a la importación de semillas de hortalizas y ornamentales principalmente y otra red de empresas que participan únicamente en la comercialización y distribución de semillas, éstas trabajan en conjunto con las empresas productoras (SADER, 2022; SNICS, 2023).

3.6 Regiones productivas en México

Dentro de la agricultura mexicana, es posible distinguir al menos cuatro tipos de agricultores. El primero se caracteriza porque son productores y empresarios agrícolas a la vez y cuentan con capacidad técnica, financiera y comercial, con alta tecnología y uso de maquinaria y equipo automatizado, uso de agroquímicos y semillas mejoradas, todo esto orientado a obtener productos que cumplan los más altos estándares de calidad a la altura de las exigencias del mercado nacional pero principalmente del mercado internacional (Oropeza Martínez, 2008).

Geográficamente, estos productores se localizan principalmente en el centro y norte del país, y se encuentran ligados a las grandes agroindustrias de exportación (Caballero-García & Santoyo-Cortés, 2019).

En el segundo grupo se encuentran productores que disponen de tierras, máquinas, etc.; pero que carecen de apoyos financieros y comerciales. El tercer grupo maneja medianas y pequeñas unidades de producción y carecen de apoyos financieros y de mercado (Oropeza Martínez, 2008).

El cuarto está formado por productores que no acuden al mercado pues son ejidatarios con tierras de 5 hectáreas o menos y forman la mayoría del sector rural y que viven marginados, dispersos y pobres pues no obtienen ingresos por la venta de sus productos, por lo que se dedican al autoconsumo de sus cosechas (Rivera de la Rosa et al., 2014).

Dentro de la agricultura comercial en México se pueden distinguir dos importantes variantes:

Agricultura de plantaciones: Es característica de las zonas cálido-húmedas, de las llanuras costeras del Golfo de México y del Pacífico, su producción está enfocada hacia especies tropicales, como la palma de coco, café, caña de azúcar y piña, que suelen coexistir con sembradíos de arroz, avena, maíz, frijol y sorgo, este último para consumo del ganado. Entre los estados que practican este tipo de agricultura se encuentra Tabasco, Chiapas, Veracruz, Morelos, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima y Yucatán (Velasquez, 2021).

Agricultura comercial intensiva: En este tipo de agricultura, los cultivos predominantes son los cereales como el trigo, el maíz, el sorgo, el arroz; y algunas leguminosas como el frijol y la alfalfa; especies frutales como la uva, el limón y el mango; algunas hortalizas como el jitomate, el chicharo, la zanahoria y especies industriales como el algodón y la caña de azúcar; algunos de los estados que realizan este tipo de agricultura son Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Durango, Nayarit, Guanajuato, Hidalgo, México, Puebla, Oaxaca y Chiapas. (Velasquez, 2021).

La organización espacial de este tipo de agricultura se rige en relación con el desarrollo tecnológico; típicamente se trata de grandes extensiones de tierra trabajadas con maquinaria y trazadas en forma simétrica, construcciones modernas cercanas a las vías de comunicación para transportar con facilidad productos y agricultores. Otra característica importante de este tipo de agricultura es que está asociado a la demanda del mercado global, y utiliza las mejores tierras en cultivos que no son básicos para la alimentación y que se destinan exclusivamente para exportación (Velasquez, 2021).

En este contexto, podemos diferenciar las siguientes regiones en función de su productividad y tipo de agricultura predominante (Cuadro 1).

Las condiciones edafoclimáticas de cada región son muy relevantes para el mejoramiento genético, dado que una característica fundamental en las semillas mejoradas es precisamente la capacidad de adaptación, lo que asegurará en gran medida la expresión de potencial productivo de dicha semilla.

Lo anterior permite organizar y determinar el tipo de variedades que conviene sembrarse en cada agrosistema. Según SADER (2020), en las mejores condiciones como son las áreas de riego conviene sembrar híbrido de cruza simple ya que estos explotan al máximo las ventajas favorables; en las áreas de "Muy Buena Productividad" donde inciden precipitaciones favorables, contándose con suelos de buena fertilidad, conviene emplear híbridos trilineales y dobles; en las superficies con menor potencial productivo, donde la precipitación pluvial es menor y los suelos son menos profundos y con menor fertilidad, sería mejor el uso de cruza dobles; en las áreas de "Mediana y baja Productividad" por las condiciones ambientales, el tipo de variedades que conviene son: variedades sintéticas, híbridos varietales y variedades de polinización libre (Espinoza et al., 2003; SADER, 2020).

Cuadro 1. Caracterización de las regiones agroalimentarias en México.

Región	Estados	Características
Noroeste	Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit	Alta productividad. Principal producto agrícola y pecuario producidos son el maíz grano y la carne de bovino respectivamente.
	Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Tamaulipas y Zacatecas	Principal producto agrícola y pecuario producidos son el maíz grano y la carne de bovino, respectivamente.
Centro Occidente	Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro y San Luis Potosí	Principal producto agrícola y pecuario producidos son el aguacate y la carne de ave, respectivamente.
Centro	Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala	Principal producto agrícola y pecuario producidos son el maíz grano y la carne de ave, respectivamente.
Sur Sureste	Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán	Principal producto agrícola y pecuario producidos son caña de azúcar y la carne de bovino, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia con información de SADER (2021).

3.7 Producción y uso de semillas mejoradas por regiones productivas en México

La producción de semilla en México se concentra en unos pocos cultivos, entre los que destacan el maíz, el trigo, frijol, arroz, sorgo, algunas especies de pastos y forrajes, garbanzo, entre otros.

Para el caso de trigo, arroz y frijol (cultivos de reproducción autógama), las asociaciones de productores son los que producen la mayor parte de semillas que se utilizan, dado que el gobierno, a través de las instituciones públicas ya no participa como solía hacerlo en el pasado (SADER, 2020b).

Pese a que las instituciones públicas de enseñanza e investigación generan variedades novedosas; aún no han empleado un esquema de retribución de regalías que les permita transferir las variedades generadas y continuar generando nuevas (SNICS, 2021).

Un ejemplo de esquema que puede funcionar en el proceso de transferencia de variedades generadas en instituciones públicas es el que se maneja a través del Patronato de Investigación para la Agricultura del Estado de Sonora, que mediante alianzas estratégicas entre los Agricultores, el INIFAP y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) se generan y transfieren nuevas variedades de trigo (SADER, 2020b).

La contribución productiva de estos esquemas es entre 90 y 100 % de la semilla categoría Certificada requerida en trigo, 35 a 45 % de arroz y 4 a 6 % de frijol. En los cultivos de arroz y frijol las nuevas variedades producidas son escasas por lo que se siguen empleando las mismas variedades que hace diez o veinte años, lo cual representa un área de oportunidad para el sector (SADER, 2020b).

Para el caso de las semillas de especies hortícolas, árboles frutales y plantas ornamentales, la participación en la producción es mínima tanto por la iniciativa pública como la privada, por esta razón, es necesario importar gran parte de las semillas o las plantas madre para multiplicarla en el país, lo que refleja, esto es un reflejo de la dependencia que se tiene del extranjero, y al mismo tiempo representa un área de oportunidad (SADER, 2020b).

En la última década aumentaron las superficies de plantación de cultivos con semillas modificadas genéticamente (MG), mientras que la superficie de siembra convencional experimentó un ligero descenso (IHS-MARKET).

Las semillas modificadas genéticamente representaron el 48 % de la cuota del mercado de semillas comerciales en 2020. Las semillas modificadas genéticamente y las convencionales representaban el 19 % y el 81 % de la superficie total de plantación, respectivamente (IHS-MARKET).

Durante 2010-2020, se observó un aumento del 3.4 % en la superficie sembrada con semillas MG, mientras que la superficie sembrada con semillas convencionales disminuyó un 0.03 % (IHS-MARKET).

Con respecto al uso de variedades mejoradas, éstas se concentran en cultivos y regiones en las que existe un conocimiento acerca de los beneficios de dicha tecnología, es una de las razones por la que se agrupa de la siguiente manera:

Se cultiva maíz con semillas mejoradas en las regiones productivas de Sinaloa, Jalisco, Tamaulipas con tecnología de riego, también en algunas regiones aisladas de Valles Altos y Zonas de Transición (SADER, 2020b; SNICS, 2021)..

En el caso del trigo, éste se cultiva en la región noroeste de México, y en algunas regiones de El Bajío y del Altiplano. El sorgo con semillas mejoradas se cultiva en Tamaulipas y El Bajío (SADER, 2020b; SNICS, 2021).

Algunas oleaginosas como el frijol, el garbanzo, lentejas, entre otras, se cultivan en las Huastecas, en el caso de las hortalizas y plantas ornamentales, regularmente se cultivan en tecnología de agricultura protegida, con respecto a los árboles frutales éstos tienen su abasto a través de plantas de vivero (SADER, 2020b; SNICS, 2021).

En el último lustro, se ha logrado cubrir 100 % de la superficie cultivada de soya, esto ha sido posible con el uso de semilla calificada (categoría Certificada y Habilitada), a través de convenios de colaboración entre el Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas, INIFAP y el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SADER, 2020b; SNICS, 2021).

4 METODOLOGÍA

A continuación, se presenta el proceso metodológico que se siguió para dar respuesta a los objetivos y las preguntas de investigación; la estructura corresponde al orden en que fueron planteados en el apartado 1.3.

4.1 Objetivo 1. Importancia de la semilla en la producción de cultivos

Se realizó un análisis de regresión exponencial entre las variables costo de semillas por hectárea con respecto al rendimiento, para 24 estados que utilizaron paquetes tecnológicos de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) en el ciclo PV-2021, mismos que posteriormente fueron agrupados en cinco regiones según la clasificación de SADER (2020). El análisis de regresión se realizó en el Software SAS® 2016.

La fórmula utilizada fue:

$$Y = a.e^{b*x} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde: a y b son coeficientes de la regresión y “x” es la variable independiente.

La selección de los estados correspondió a aquellos para los que hubo información en el portal de FIRA, en el momento de la consulta realizada en agosto de 2022.

4.2 Objetivo 2. Análisis de la producción de 10 cultivos básicos de importancia en México en un periodo de 41 años.

La colecta de datos se llevó a cabo a partir de fuentes oficiales de SIAP (2022) y SIACON (2022), para el periodo 1980-2021.

El análisis se realizó a nivel nacional, para los siguientes cultivos: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum aestivum*), avena (*Avena sativa*), cártamo (*Carthamus tinctorius*), cebada (*Hordeum vulgare*), sorgo (*Sorghum bicolor*), soya (*Glycine max*) y jitomate (*Solanum lycopersicum* L.).

A los diez cultivos estudiados se les calculó su volumen de producción, superficie sembrada y rendimiento por unidad de superficie por año.

El primer indicador estimado fue la producción del año base (Pab) expresado en toneladas, para lo cual se obtuvo el promedio del periodo 1980 a 1985, enseguida se obtuvo la Producción del año final (Paf) expresado en toneladas, para lo cual se obtuvo el promedio de un lustro correspondientes al periodo de 2016 al 2021.

Adicionalmente, se calculó la variación en Producción y en superficie cultivada, esto expresado en porcentaje, para el cálculo de dicha variación se empleó una resta del año final con respecto al año base, pudiendo resultar con signo negativo o positivo.

Además, se calcularon las tasas de crecimiento media anual (TCMA) de la variable producción y rendimiento para el periodo 1980 a 2021.

La fórmula utilizada fue:

$$TCMA = \left(\left(\frac{af}{ai} \right)^{\left(\frac{1}{n-1} \right)} - 1 \right) * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde: af = año final, se consideró el promedio de cinco años comprendidos del 2016 al 2021; ai = año inicial se tomó en cuenta el promedio de cinco años que van de 1980 a 1985; y el valor de n = correspondiente al número de periodos analizados, en este caso fue de 41 años.

Para el aislamiento de los efectos asociados a la producción de cultivos. Se realizó el siguiente procedimiento:

A partir de las bases de datos de SIAP (2022), se calculó el volumen de producción, superficie sembrada y rendimiento por unidad de superficie para un periodo de 41 años comprendido de 1980 a 2021.

El crecimiento de la producción de los cultivos de 1986 a 2021 respecto de 1980 a 1985, se determinó por el método de efectos en el crecimiento en la producción, que separa las variaciones experimentadas por la superficie cultivada como variable

extensiva, los rendimientos en campo como variable intensiva y por la interacción de ambos (Santillán-Fernández et al., 2014).

La ecuación utilizada para la descomposición de los efectos asociados a la producción fue:

$$Pt = Y_0(S_t - S_0) + S_0(Y_t - Y_0) + (S_t - S_0)(Y_t - Y_0) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

Pt : Produccion total

Y_0 : Rendimiento en el año base

Y_t : Rendimiento en el año final

S_0 : Superficie en el año base

S_t : Superficie en el año final

Además, se realizó una revisión bibliográfica para explicar el efecto rendimiento a la luz del uso de tecnologías, especialmente con el uso de semillas mejoradas.

4.3 Objetivo 3. Estructura de abasto de semillas mejoradas en México

Se realizó una revisión de literatura para conocer los eslabones y actores involucrados en la estructura de abasto de las semillas mejoradas y se solicitó del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) el Directorio de Productores, Obtentores y Comercializadores (DPOC) más reciente y en formato Excel, los datos utilizados corresponden al primer trimestre del año 2023.

Para calcular el abasto, se empleó la base de datos del programa de producción de semilla certificada y habilitada divulgada por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) para el periodo 1980-2021. Se hizo una agrupación por regiones según el nivel de productividad, teniendo como base para

dicha regionalización la clasificación de SADER (2020), de esta forma se obtuvo el abasto estimado por región y nacional.

Se utilizó la siguiente ecuación aplicada al uso de semilla de los diez cultivos estudiados.

Al considerar i ($i = 1, 2, \dots, I = 5$) regiones productivas según SADER (2022), la cantidad demandada de semilla estaría dada por:

$$DS_i = ST_i \times dS_i \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde para cada región DS_i es la demanda de semilla, ST_i es la superficie sembrada total y dS_i es la densidad de siembra.

Para conocer el nivel de autosuficiencia en el abasto potencial de semillas mejoradas, se utilizó la siguiente ecuación:

$$AP_i = DS_i - VS_i \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde AP_i es el abasto potencial de semillas mejoradas, DS_i es la demanda de semilla y VS_i es la producción de semilla en la región i .

Para calcular los requerimientos de semilla que se tendrían para algunos cultivos emblemáticos se recurrió al Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) relativa a la superficie sembrada y con la cantidad de semilla requerida por hectárea (densidad de siembra). Para definir la densidad de siembra, se realizó una búsqueda bibliográfica considerando el promedio estatal para cada uno de los cultivos.

Estas necesidades se compararon con la producción de semilla que registra el SNICS y así se obtuvo el nivel de cobertura por estado, por región y de manera nacional.

4.4 Objetivo 4. Elaboración de una estrategia de transferencia de tecnología para una institución pública generadora de variedades vegetales.

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar aquellas instituciones públicas registradoras de variedades en el CNVV.

Se identificó que dentro de las instituciones de enseñanza e investigación, la Universidad Autónoma Chapingo es la que cuenta con un mayor número de registros, posteriormente se realizó una revisión para saber en cuantos y cuales cultivos hay antecedentes de trabajo de fitomejoramiento dentro de la UACH, dando como resultado un total de 26 cultivos con registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, posteriormente se buscó a los obtentores de dichas variedades registradas dando un total de 12 fitomejoradores a los cuales se les contactó para solicitar una entrevista presencial o en línea según la disponibilidad.

Se preparó un cuestionario que contenía preguntas abiertas y de opción múltiple sobre temas relativos al tipo de mejoramiento que se realiza, la fuente de recursos, los objetivos de mejoramiento y los factores limitantes de la actividad, entre otros.

La información recabada se sistematizó y posteriormente se calcularon estadísticos descriptivos.

Para la elaboración de la propuesta del modelo de negocios para la transferencia de tecnología de la Universidad Autónoma Chapingo, se consideraron los resultados de las entrevistas a los fitomejoradores y se utilizó la metodología de análisis del entorno y lienzo del modelo de negocios propuesto por Osterwalder y Pigneur (2011).

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Importancia de la semilla y su relación con la producción

En este apartado se aborda la importancia de la semilla en la producción de cultivos, puesto que de acuerdo con la FAO (2015), las semillas son consideradas como el insumo básico y más importante para todos los cultivos; otros autores refieren que,

en el sistema a gran escala, la productividad de los cultivos se encuentra relacionado con el uso de semillas de alta calidad genética y fisiológica, que garantizan altos rendimientos (Arenas Calle et al., 2015); asimismo, Hazell (2009), atribuyó el aumento del rendimiento a nivel de todos los cultivos vegetales, agrícolas y forrajeros al uso de semilla mejorada y tecnología de riego.

Para representar la importancia de la semilla en la producción, se elaboró un modelo que asocia la inversión en semilla como variable proxy contra el rendimiento obtenido por hectárea (Ecuación 1), encontrándose una relación con las siguientes características:

Ecuación:

$$Y = 11.1639 (e^{35.36*x})$$

R: 0.75

Lo que indicó que existe una fuerte asociación entre la tecnología de la semilla que se utiliza con el rendimiento obtenido en campo (Figura 8).

Con datos del Sistema de Agro costos de los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), para el ciclo primavera verano 2021, se obtuvieron las observaciones correspondientes al cultivo de maíz para 24 estados del país, posteriormente se clasificaron en 4 regiones según el nivel de productividad, los cuales fueron enumerados del 1 al 4 donde el 1 corresponde a “baja productividad” e incluye el altiplano y regiones focalizadas del sureste, el número 2 denominado de “Alto potencial de rendimiento pero baja aplicación de tecnología” incluye el sureste, la región número 3 denominado de “Productividad media” e incluye Veracruz, Chiapas, Edo de México, Puebla, Hidalgo y finalmente la región número 4 denominado de “Alta Productividad” y abarca la Región Noroeste, Bajío y Occidente.

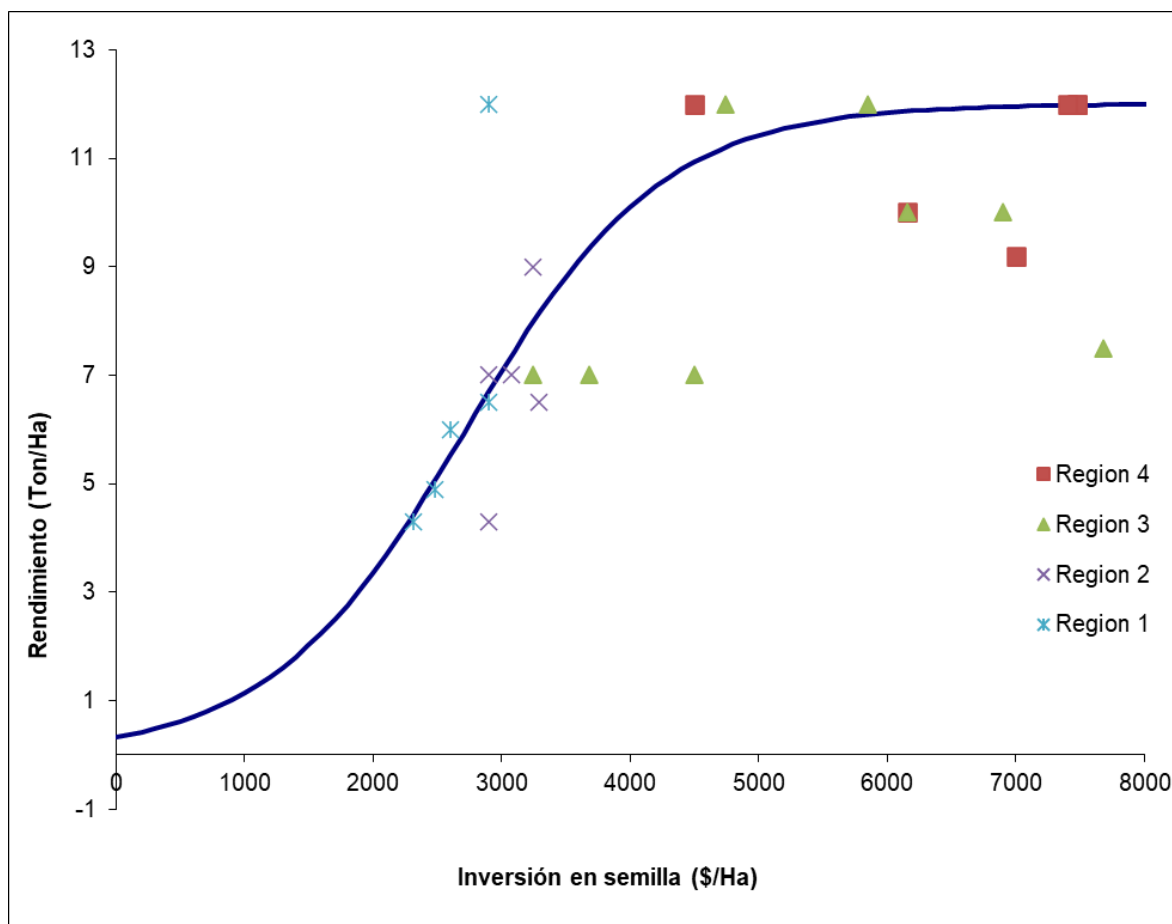


Figura 8. La inversión en semillas y el rendimiento de maíz por hectárea para 24 estados en agricultura comercial, ciclo PV-2021.

Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA, 2022.

Lo obtenido con el modelo, es consistente algunos autores (Donnet et al., 2012; Flores-Cruz & Alberto García-Salazar, 2016), que refieren que el mejoramiento genético y la innovación en semillas han sido concluyentes en el aumento de la productividad de maíz a nivel nacional.

Posteriormente, para analizar de manera separada los incrementos en la producción y sus causas probables se analizan por superficie y rendimiento.

5.2 Estimación de cambios en producción y rendimiento de diez cultivos en un periodo de 41 años.

5.2.1 Producción de cultivos

Con el propósito de identificar los cambios en la producción de cultivos, se analizaron las variables superficie cultivada (SC) y producción (P) de diez cultivos a nivel nacional durante los últimos 41 años.

Se encontró que la tendencia en la producción de los cereales analizados es a la baja (Cuadro 2), pese a la importancia de este grupo de cultivos en la alimentación directa e indirecta de los seres humanos y a pesar del crecimiento poblacional en México, no se está incrementando el volumen de granos para la alimentación e insumos para la agroindustria, lo que deja al país a expensas de las importaciones.

Cuadro 2. Comportamiento de la superficie sembrada y la producción de 10 cultivos para el periodo 1980-2021 en México (en miles de t y ha).

Cultivo	P ab (t)	P af (t)	S ab (ha)	S af (ha)	ΔP %	ΔSC %
Tomate	1,451	3,477	69	49	+140	-31
Maíz	12,408	27,418	8,227	7,460	+120	-10
Cebada	536	976	318	349	+82	+10
Frijol	1,089	1,121	2,207	1,622	+ 3	-26
Sorgo	5,080	4,562	1,817	1,435	-10	-20
Trigo	3,666	3,308	956	620	-13	-39
Avena	116	88	97	45	-24	-51
Arroz	504	269	173	44	-47	-75
Soya	610	305	358	213	-50	-46
Cártamo	306	64	369	45	-79	-90

P ab = Producción año base; P af = Producción año final; ΔP = Variación en la producción; ΔSC = Variación en la superficie cultivada.

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP, 2021.

Asimismo, se encontró que el modelo de agricultura extensiva también va a la baja, puesto que de diez cultivos analizados únicamente la cebada mostró un aumento

del 10 % en la superficie cultivada; el resto mostró disminución entre 10 y hasta el 90 % con respecto a 1980.

Pese a la tendencia decreciente en la producción del grupo de cereales, resalta el caso del maíz y la cebada, los cuales muestran una tasa de crecimiento positiva; lo obtenido en este trabajo concuerda con CIMMYT (2019), quien elaboró un documento en el que se analizó la evolución del cultivo de maíz desde 1980, y encontró que México ha duplicado su producción anual de este cultivo pasando de 12 Mt a 24 Mt en 2015, y recientemente en el presente trabajo se encontró que la producción de éste ascendió a las 27 Mt en el 2021; sin embargo, la demanda ha aumentado a un ritmo superior, debido principalmente, al fuerte aumento en el consumo pecuario.

Adicionalmente, se calculó la tasa de crecimiento media anual (TCMA) del rendimiento para el periodo de 1980 a 2021, este mostró una tendencia creciente con respecto al año base (Figura 9), en el 90 % de los casos.

Estos resultados muestran que la tendencia de la agricultura es a intensificar la producción mediante el incremento del rendimiento; de acuerdo con algunos actores (Cadet-Diaz & Guerrero-Escobar, 2018; Morales, 2022), las variables que explicaron el aumento del rendimiento son de base tecnológica y entre ellos se encuentra el uso de semillas mejoradas, insecticidas, el acceso al crédito y el riego.

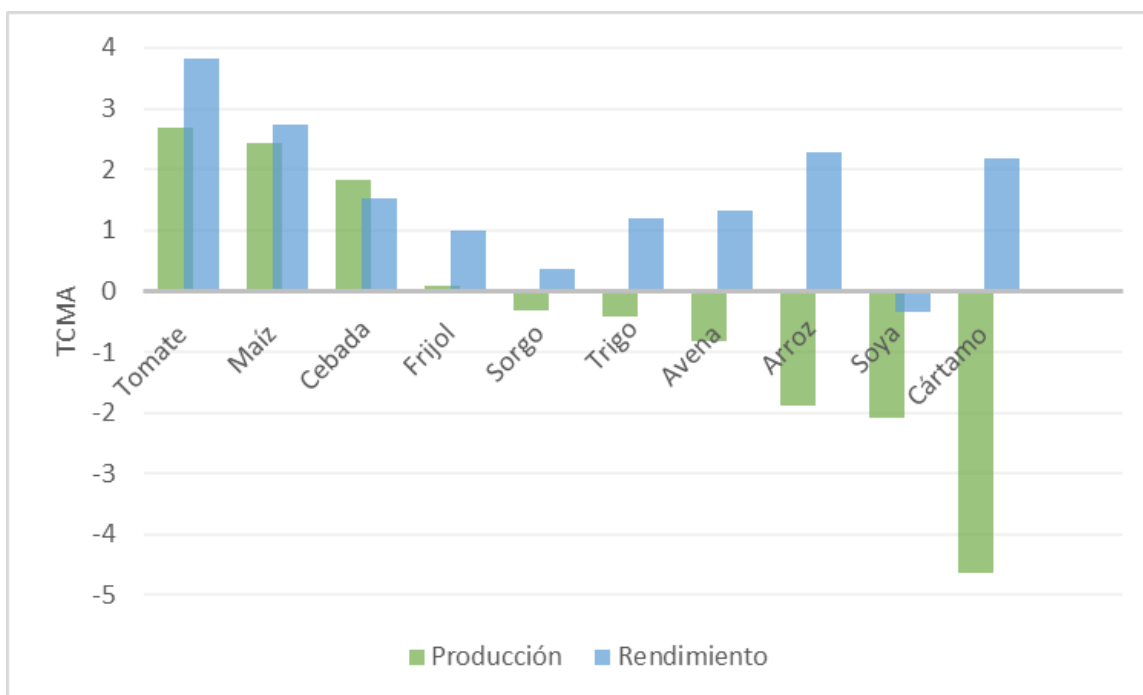


Figura 9. Tasas de Crecimiento de las variables Producción y Rendimiento de diez cultivos, para un periodo de 41 años.

Fuente Elaboración propia, con información de SIAP (2021).

Sin embargo, y a pesar de su relevancia económica y cultural, México presenta bajos índices de productividad promedio en el cultivo de maíz en comparación con los principales países productores.

De acuerdo con CIMMYT (2019), para el 2015/2016, el rendimiento promedio para maíz grano en México se situó en 3.47 t ha^{-1} , mientras que en Estados Unidos fue de 10.96 t ha^{-1} , siendo el promedio mundial de 5.38 t ha^{-1} . Incluso en países como China donde la tecnificación de la producción agrícola enfrenta grandes retos, el rendimiento promedio del maíz es superior al de México en 64 %. Lo que indicó que el rendimiento agrícola no se explica solamente por un factor tecnológico, sino que es multifactorial, lo cual coincide con Cadet-Diaz y Guerrero-Escobar (2018), quienes encontraron al menos tres factores ligados a este incremento, el primero de ellos es referente a un marco de políticas comerciales, que permita el acceso a mercados externos, tanto para exportar como para importar insumos, en segundo

lugar fomentar la investigación y el desarrollo aplicados a la agricultura y por último el fortalecimiento de las cadenas comerciales.

5.2.2 Descomposición de los efectos asociados a la producción de cultivos. (variación en %)

Se analizó el incremento en la producción de diez cultivos básicos del país utilizando la Ecuación 3 citada en el apartado 4.2, mediante la descomposición de la producción según corresponda al factor extensivo por aumento en la superficie, o bien al factor intensivo por incrementos en los rendimientos.

Se encontró que la variación en la producción del 60 % de los casos analizados se debe al incremento en el rendimiento, es decir, más de la mitad de los cultivos analizados presentan un crecimiento intensivo (Figura 10).

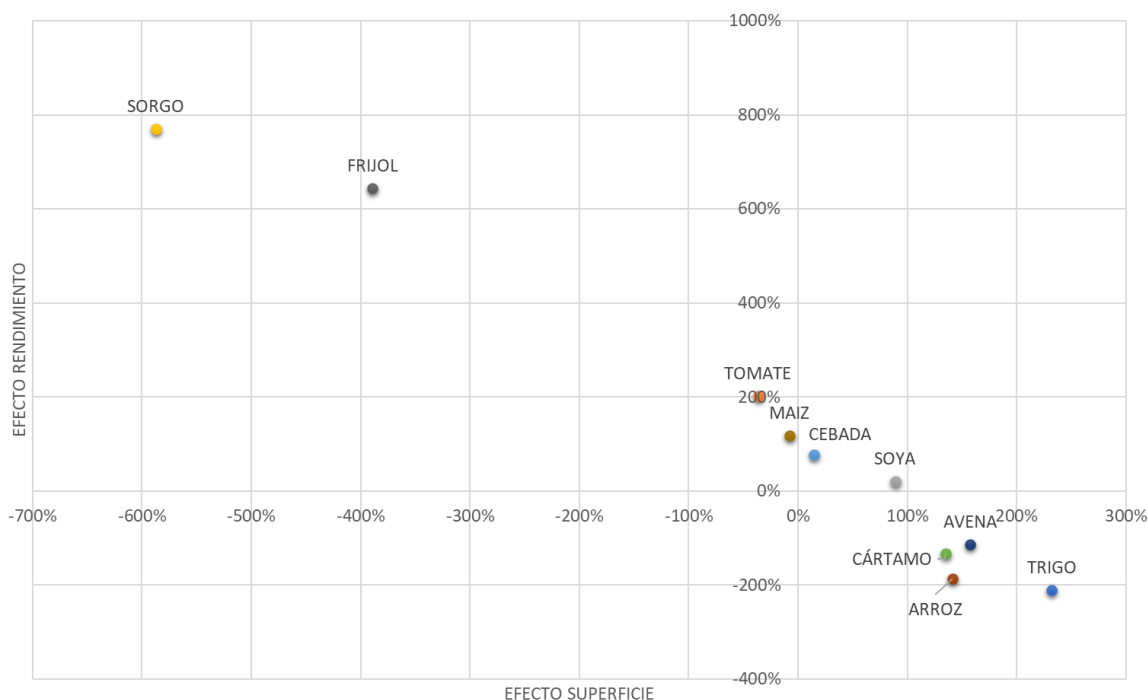


Figura 10. Se muestra la contribución del efecto superficie y el efecto rendimiento en el incremento de la producción de cultivos.

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP (2021).

Algunos de los cultivos desarrollados en este modelo son el sorgo y el frijol, en los cuales, la superficie cultivada tuvo una disminución del 20 y 26 % con respecto al año base; sin embargo, este decremento en superficie fue compensado por la

intensificación de estos cultivos, y el volumen de producción no disminuyó al mismo ritmo que el decremento en superficie.

En el caso específico del frijol, la producción aumentó en un 3 % con respecto al año base, a pesar de la disminución de la superficie sembrada. Algunos autores (De los Santos-Ramos et al., 2017), han explicado que la disminución en la superficie sembrada se debe en buena medida al deterioro paulatino de los precios reales pagados a los productores por el grano, lo que los ha llevado a buscar alternativas de cultivos más rentables.

Asimismo, se encontró que existe un marcado contraste entre cultivos que se desarrollan en un modelo extensivo con respecto al sistema intensivo; en el primer modelo se encuentran el arroz, el trigo, el cártamo y la avena en los que la producción disminuyó en más del 20 % con respecto al año base, el cambio en la producción de estos cultivos está asociado con el efecto superficie (Figura 9).

Los cultivos que presentaron un modelo de producción intensiva son el sorgo, el frijol, el tomate rojo, el maíz la cebada y la soya; quienes tuvieron un aumento en el rendimiento, mismo que está asociado con un mayor uso de tecnología, incluyendo semillas mejoradas, esto coincide con que son los cultivos más atendidos por el mejoramiento genético, representados por el número de registros en el CNVV del SNICS.

Como se mencionó anteriormente, una aproximación de la importancia que tiene la mejora genética en dichos cultivos se asocia con el número de registros inscritos en el CNVV, para el caso del sorgo asciende a 252 inscripciones principalmente de la empresa Phi México S. A de C. V., en maíz se encuentran 2064 inscripciones encabezadas por Phi México S. A de C. V., en frijol 111 inscripciones, INIFAP y tomate rojo con 20 inscripciones encabezada por HM Clause, Inc, la soya con 37 inscripciones y la cebada con 17 inscripciones, destacando el INIFAP con el mayor número de registros tanto en soya como en cebada (SNICS, 2023).

En el caso particular de la soya, éste tuvo una disminución del 50 % en producción además, presentó una tasa de crecimiento negativa para la variable productividad,

pese al número de inscripciones en el CNVV (37), lo que indicó que el rendimiento de la producción es multifactorial, y no se debe únicamente a la disposición de materiales vegetales de alta calidad, lo cual es consistente con lo encontrado por Magallanes Estala et al. (2012) quienes refieren que entre los factores que han influido en la pérdida de competitividad del cultivo son la ocurrencia de factores adversos, principalmente, climáticos, socioeconómicos y escaso apoyo para su siembra.

Por lo mencionado anteriormente, se explica que México ocupe el segundo lugar como importador de soya a nivel mundial. Del consumo nacional de soya, el 92 % proviene de Estados Unidos, quien es uno de los principales productores por sus óptimas condiciones y sus avances en mejoramiento genético de variedades, puesto que México no cuenta con la capacidad de producción necesaria para satisfacer el mercado nacional, en cambio, sus esfuerzos de producción están orientados hacia otros cultivos de mayor valor en los que es líder, por ejemplo, las frutillas o también llamadas “berries” (Agrosíntesis, 2019).

Para el caso del maíz, éste presentó un incremento en la producción de 120 % (Cuadro 2) con respecto al año base (1980-1985), lo cual equivale a 15,009,618 toneladas, y se encontró que el 117 % de esa producción está asociada al efecto rendimiento (Figura 9), específicamente al gran número de innovación en semilla que está disponible. Esto es consistente con los hallazgos de Cadet-Díaz y Guerrero-Escobar (2018), tras realizar un estudio sobre los factores que determinan los rendimientos de maíz en México, encontraron que las variables que se asocian positivamente al rendimiento son de carácter tecnológico y de acceso al crédito.

Lo anterior coincidió con lo indicado por Ferro Valdés et al. (2023), quienes realizaron un estudio en Cuba sobre la producción de maíz, encontrando que algunos factores que influyeron en el bajo rendimiento, es que alrededor del 85 % de los agricultores del país, quienes aportan más del 80 % de la producción nacional utilizan las mismas variedades criollas desde hace más de 20 años, en lugar de variedades mejoradas del sistema formal, con lo que se refuerza la importancia de la calidad de semilla en la variación de la productividad.

Lo anterior también es consistente con Flores-Cruz y Alberto García-Salazar (2016) quienes encontraron que el rendimiento del maíz en el estado de Puebla está asociado al uso de semillas mejoradas, medido a través de la tasa de adopción de éstas.

Se concluye que, en efecto, el mejoramiento genético y la innovación en semillas han sido cruciales en el aumento de la productividad.

5.3 Estructura de abasto de semillas mejoradas en México

Para conocer como ocurre el abasto de semillas mejoradas a nivel nacional, se abordó un análisis desde la perspectiva de cadena de valor, encontrándose lo siguiente:

En México, el abasto de semillas mejoradas se realiza mediante un sistema formal de semillas, el cual opera bajo la estructura mostrada en la Figura 11.

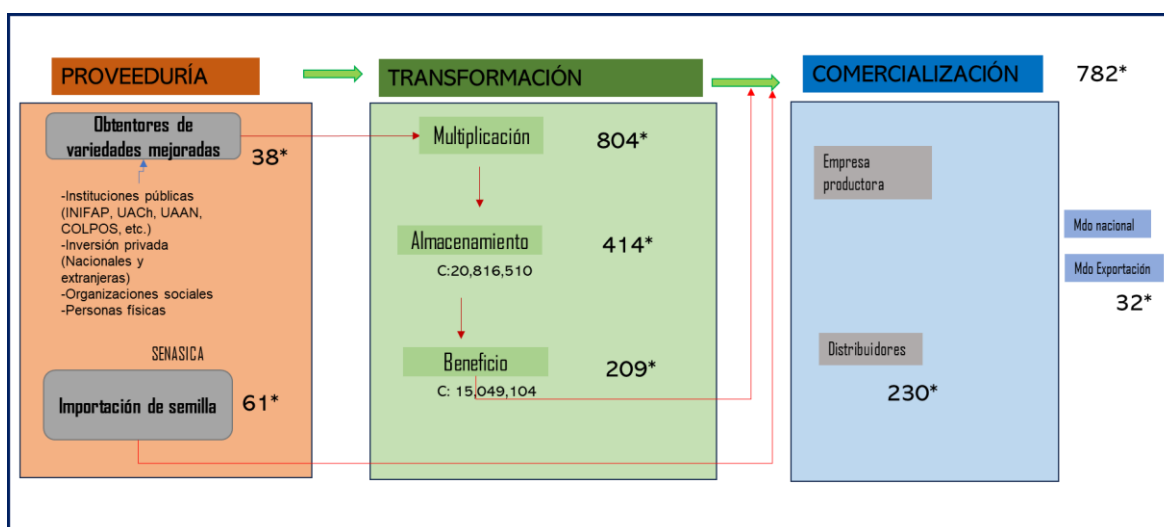


Figura 11. Cadena de valor de semillas mejoradas a nivel nacional.

*Número de organismos participantes en cada eslabón de la cadena.
Fuente: Elaboración propia con información de SNICS (2023).

Se identificaron tres eslabones en la cadena de valor, el eslabón que presentó mayor concurrencia es el de transformación, con tres actividades que lo integraron y una mayor diversidad de actores involucrados, tal es el caso de la multiplicación, en donde el número de involucrados ascendió a 804, siendo también una de las

actividades más rentables dentro de la cadena y donde intervienen compañías transnacionales principalmente, así como instituciones públicas; dejando la investigación y el mejoramiento el menor número de actores debido a que normalmente requiere mayores inversiones en capital.

De acuerdo con Arenas Calle et al. (2015), un sistema de producción de semillas se considera maduro y caracterizado cuando es mayoritariamente comercial con un fuerte desarrollo institucional, alta adopción y uso de semillas certificadas y mejoradas y altas inversiones en investigación, desarrollo y capacitación, bajo esa perspectiva, se identificó que el sistema de semillas en México aún está en desarrollo, y aún no logra la madurez.

Se identificaron cuatro actores principales que intervienen en toda la cadena de suministro, desde la generación de variedades hasta la comercialización; se trata de empresas transnacionales que tienen gran capacidad de inversión (Figura 12), lo que coincide con Arenas Calle et al. (2015), quienes encontraron que las empresas del sector formal en los países de América Latina que participan en todo el proceso acarrearán altos costos de producción, investigación y desarrollo, es por eso que se concentran en cultivos de importancia económica y dirigidas a medianos y grandes productores.

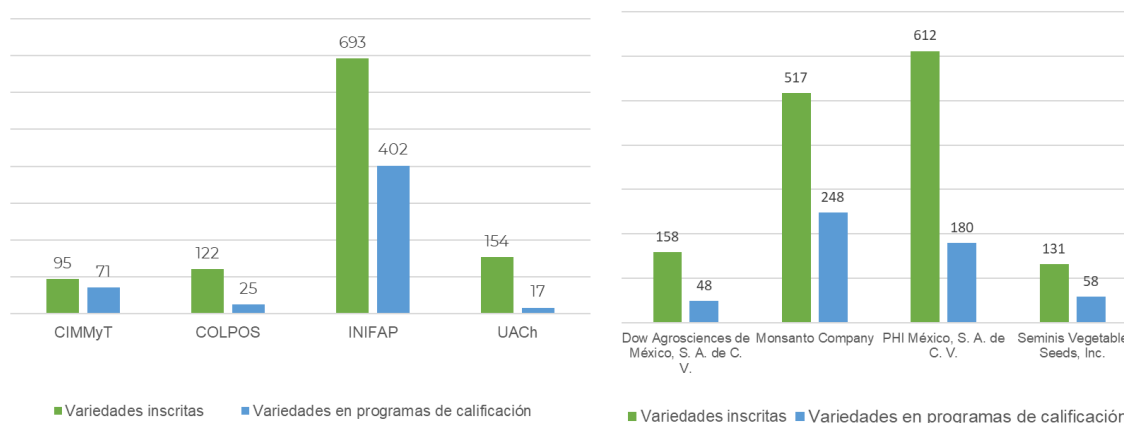


Figura 12. Registro y uso de variedades vegetales por instituciones públicas y privadas (acumulado de 2011-2021)

Fuente: SNICS (2023).

Se identificó que, pese a los altos costos implicados en la generación de una nueva variedad, un gran porcentaje de las variedades generadas en instituciones públicas no participan en programas de calificación y por ende no son utilizadas por productores, debido a la falta de difusión y la escasa vinculación de las instituciones con los productores, sobre todo con aquellos que están fuera del segmento de clientes del sistema formal. Lo anterior coincide con Donnet et al. (2012) quienes encontraron que, en los últimos años, la participación de las organizaciones públicas ha ido disminuyendo, mientras que ha ido aumentando el de empresas privadas como Pioneer y Monsanto.

Por la importancia de esta actividad clave en la diversidad y disponibilidad de semillas de alta calidad y el limitado número de actores que intervienen en ésta, se recomienda que la generación de variedades novedosas que ya se realiza en instituciones de enseñanza e investigación no sea visto como un fin en sí mismo, sino que se implementen planes para hacerlos llegar al campo y de esa forma permitir un mayor aprovechamiento de la inversión hecha en investigación; misma que, de acuerdo con Bautista-Ramírez et al. (2022), el uso de semillas de calidad para la producción es una inversión de alta rentabilidad para los agricultores, lo que justifica los esfuerzos en investigación para generarlas.

Caracterización de las empresas semilleras

Para caracterizar al sector semillero en México, se realizó una revisión de las empresas afiliadas a la Asociación Mexicana de Semilleros A. C. (AMSAC), la cual promueve la producción y uso de semillas mejoradas para siembra y la investigación fitogenética en México desde hace 50 años.

La AMSAC es la referencia nacional e internacional en todo lo concerniente a semillas para siembra en México. La conforman son un total de 68 empresas asociadas voluntariamente, de las cuales 31 son mexicanas y 37 extranjeras.

Se encontró que las empresas asociadas a AMSAC, quienes abastecen el 85 % de las necesidades de semillas mejoradas en México, en su mayoría comercializan

bajo la categoría de “Declarada”, lo que significa que cuentan con sus propios programas de producción de semillas, éstas atienden los sectores de cereales y hortalizas de manera muy similar en cuanto a número de especies que ofrecen dentro del grupo de cultivo mencionado, en general se clasifican en seis grandes grupos (Figura 13).

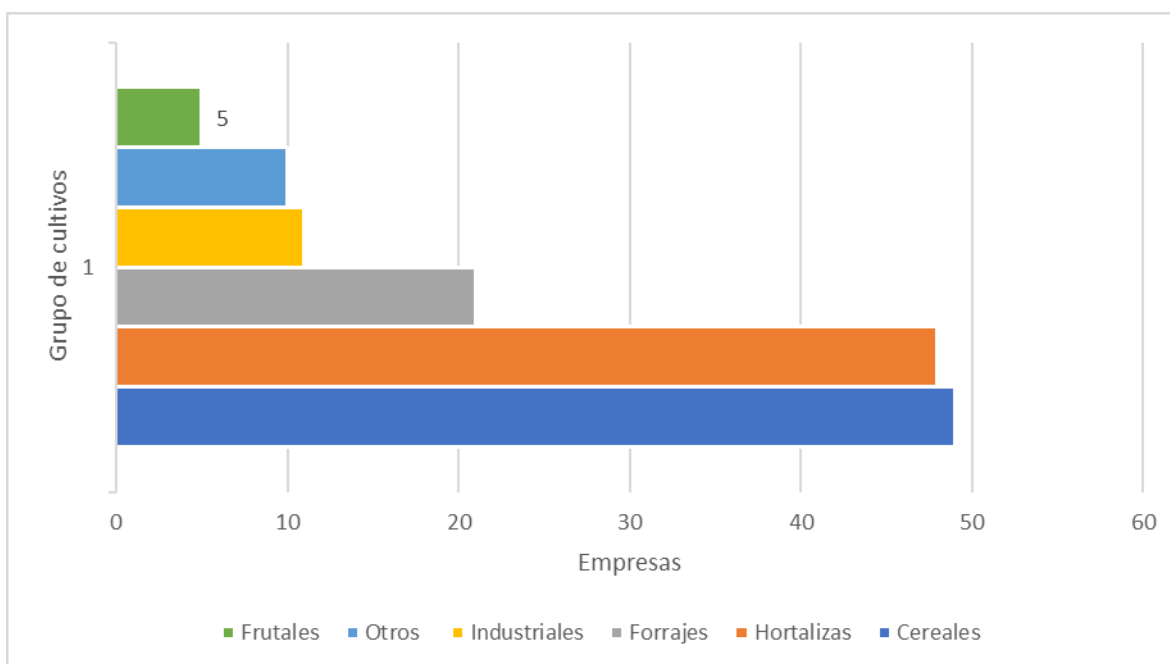


Figura 13. Composición de empresas asociadas a AMSAC según los grupos de cultivo que ofrecen.

Fuente: Elaboración propia con información de AMSAC (2022).

Los resultados del análisis de la estructura de abasto encontrados en este trabajo concuerdan con un análisis de mercado, realizado por IHS Markit (2021), donde se mencionó que Corteva Agriscience fue la empresa más activa en 2020, seguida de Bayer.

Las empresas nacionales con cuotas de mercado más pequeñas participan únicamente en uno o dos eslabones de la cadena, lo cual es consistente con IHS Markit (2021), quien encontró que empresas como KWS, Vilmorin, Sakata, Barenbrug y RAGT, participaron en fusiones y adquisiciones para continuar su expansión mundial en ámbitos específicos.

La disponibilidad de semillas de calidad está en manos de la participación de todos los actores del sistema y el fortalecimiento del sector semillerista (Arenas Calle et al., 2015)

5.3.1 Proveeduría

Haciendo un énfasis en el eslabón de proveeduría (Figura 14) se encontró que ésta ocurre a través de dos vías muy bien identificadas, la primera mediante el trabajo de los obtentores en donde intervienen instancias públicas y privadas, generando innovaciones vegetales, las cuales pueden ser registradas bajo dos modalidades: Derecho de obtentor el cual brinda protección de la propiedad intelectual de variedades vegetales, o bien como inscripción en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), misma que no brinda protección, pero es un requerimiento forzoso para que las variedades puedan iniciar el proceso de calificación de semillas por el SNICS.

La segunda vía y la más popular es la importación de semillas, principalmente de hortalizas (SADER, 2020).

La obtención o mejora vegetal es una actividad altamente tecnológica y de enorme trascendencia económica, basada en la investigación y desarrollo de nuevas variedades de plantas. Dan respuesta a las demandas de los consumidores finales contribuyendo a la sostenibilidad económica, medioambiental y social de toda la cadena alimentaria y de los cultivos de uso industrial. A continuación, se presenta una caracterización de las empresas que participan en el abasto de semillas mejoradas en México.

Se encontró que las empresas que invierten más en investigación y desarrollo son aquellas que tienen mayores cuotas de mercado, incluidas Bayer y Corteva (IHS Markit, 2021).

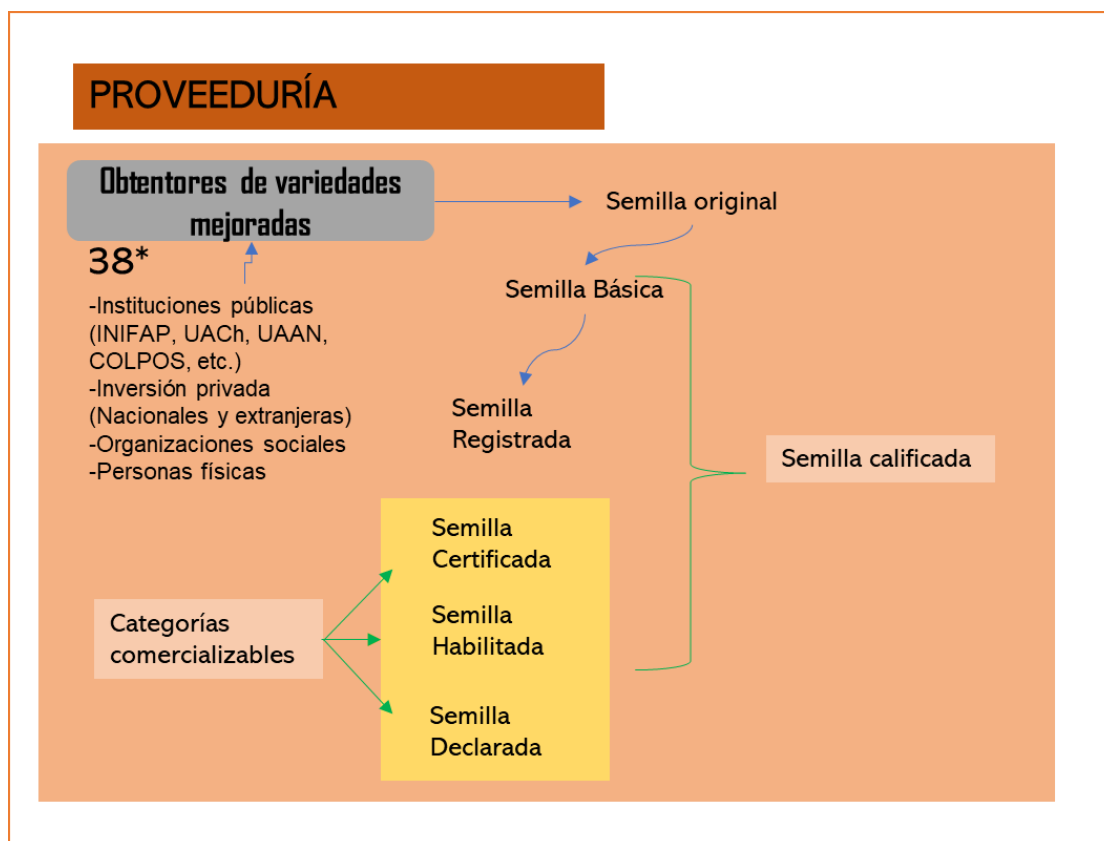


Figura 14. Eslabón de proveeduría con énfasis en la actividad de obtentor.

Fuente: elaboración propia con información de SNICS (2023).

Se identificaron a los principales actores que participan en el proceso de certificación de semillas por sector, público y privado a nivel nacional (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tipo de actores que participan en el proceso de certificación de semilla por cultivo.

Cultivo	Semilla Calificada (t)	Empresas	Variedades
Trigo	88,000	248	56
Maíz	79,718	102	225
Avena	11,618	34	7
Soya	1,851	14	12
Frijol	8,201	58	26
Cebada	3,190	3	4
Arroz	1,530	5	7
Cártamo	496	12	7
Sorgo	389	4	5

Fuente: Elaboración propia con información de SNICS (2023).

A la fecha se encontró que hay 5,500 variedades registradas, como resultado de una tendencia creciente desde el 2002 a la fecha (2022), se encontró que hay registro de 2,613 que cuentan con título de obtentor vigente y 3,551 variedades inscritas en el CNVV, de las cuales 1,127 cuentan con título de obtentor, adicionalmente se encontró que 1,145 variedades han ingresado a los programas de certificación de semillas en el periodo del 2011 al 2021, esto representa el 21 % del total registradas (Figura 15).

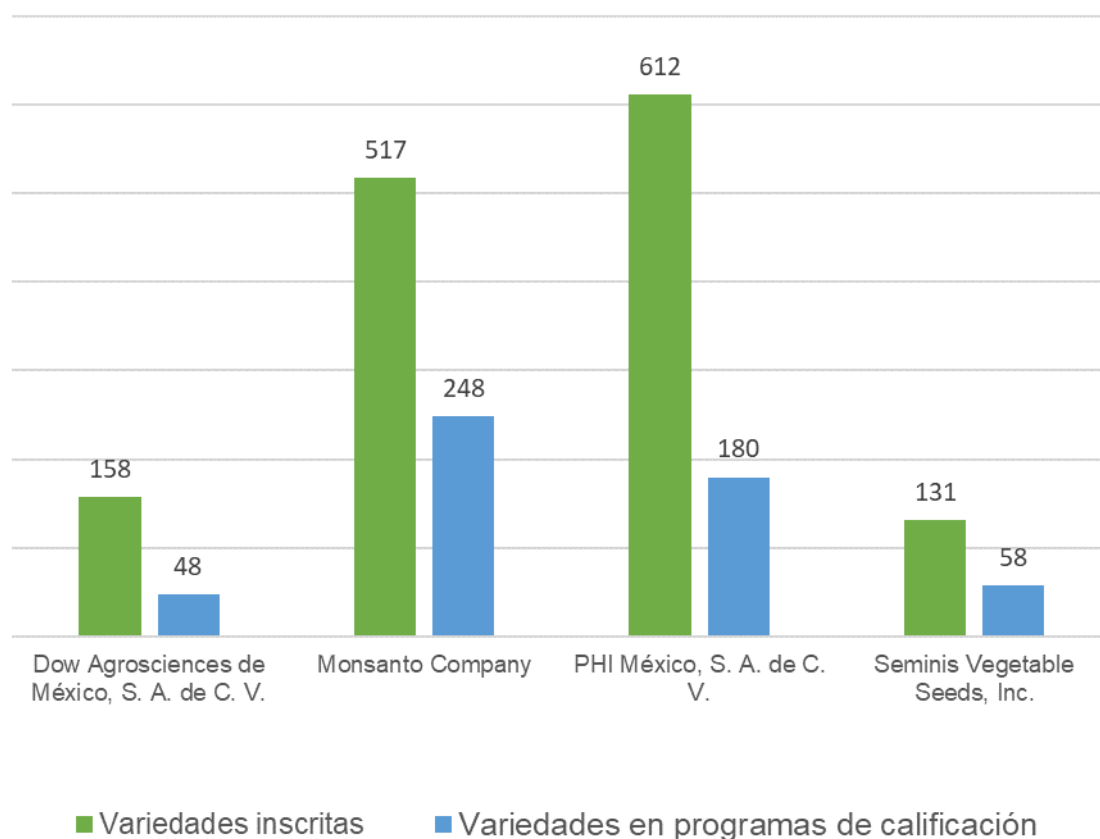


Figura 15. Variedades inscritas y registradas por empresas privadas en México.

Fuente: SNICS (2023).

La revisión que se realizó en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) en línea mostró que el principal solicitante de nuevas variedades en maíz es Phi México, S.A. de C.V.; Pioneer es una empresa de DuPont, líder global con presencia en más de 70 países, destaca su desarrollo en la comercialización e investigación para el mejoramiento de semillas. En México el desarrollo de sus actividades está orientadas a semillas híbridas de maíz, sorgo y alfalfa, las cuales comercializan a través de una red de ventas conformada por más de 50 distribuidores a lo largo del territorio nacional (Pioneer, 2023).

Se encontró que la mayor concentración de solicitantes recae en el cultivo de maíz (Figura 16), en donde intervienen 51 actores, principalmente empresas privadas, seguido de instituciones públicas y personas físicas.

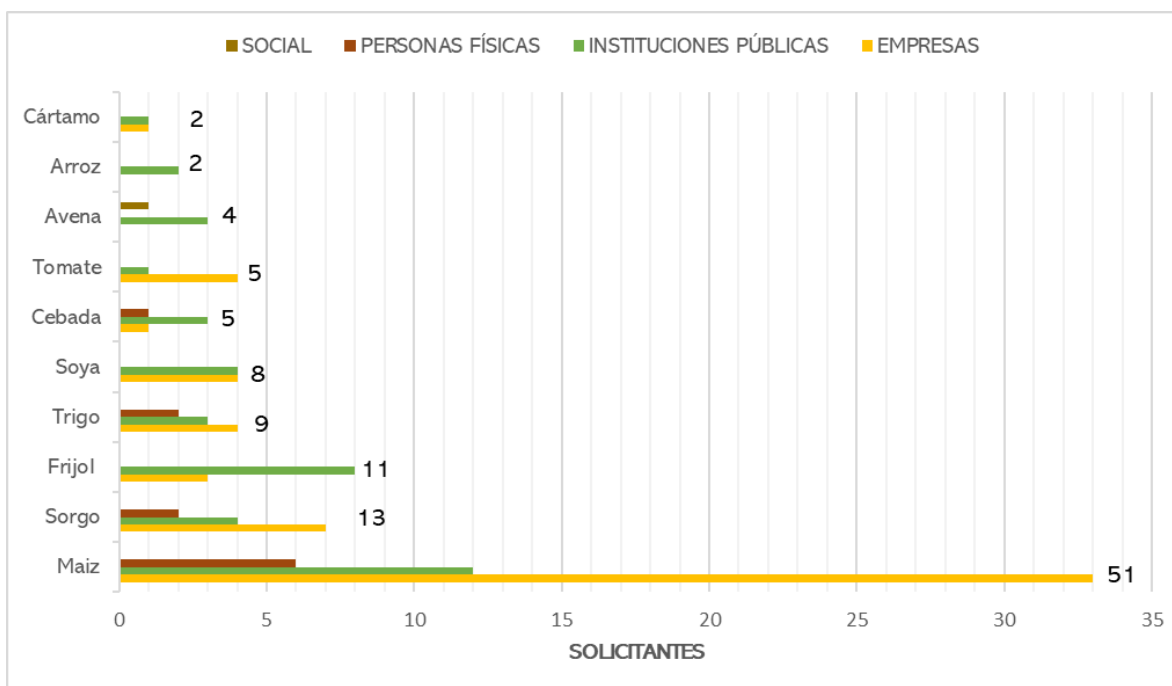


Figura 16. Número y tipo de solicitantes por cultivo.

Fuente: Elaboración propia con datos de SNICS (2023).

Adicionalmente, se encontró que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) es el solicitante que cuenta con mayor diversidad de registros en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) con respecto a número de especies.

5.3.2 Transformación

Se identificaron tres actividades muy bien definidas que conforman este eslabón, multiplicación, almacenamiento y beneficio.

La multiplicación consiste en un proceso de producción, procesamiento y manejo postcosecha bajo estándares establecidos para garantizar calidad genética, física, fisiológica y fitosanitaria, finalizando con la emisión de un certificado de calidad (etiqueta).

A su vez, la actividad que involucra un mayor número de actores es la de multiplicación con presencia de 804 participantes, dejando la investigación en fitomejoramiento, que requiere mucho capital y es arriesgada en manos del INIFAP

o empresas con mayores cuotas de mercado. Así pues, la mayoría de los multiplicadores de semillas, sobre todo las personas físicas, las asociaciones y empresas pequeñas, obtienen del INIFAP material de mejora, principalmente maíz, pero también de sorgo, frijol y otras leguminosas, que se multiplican bajo la supervisión del SNICS.

En el eslabón de multiplicación intervienen 804 actores de los cuales 511 corresponden a empresas privadas, 240 a personas físicas, 38 organizaciones sociales y 14 instituciones públicas. La mayor concentración ocurre en la región Noroeste como se muestra en el cuadro 6.

Se identificó que la capacidad de almacenamiento y beneficio instaladas a nivel nacional es de 20,816,510 y 15,049,104 toneladas anuales, respectivamente.

Las semillas mejoradas son comercializadas en la categoría certificada, habilitada o declarada, no obstante, como ya se mencionó, el SNICS sólo tiene el registro productivo de las dos primeras.

5.3.3 Comercialización

Del total de actores involucrados en el eslabón de comercialización, 544 son empresas privadas, 202 son personas físicas, 28 son grupos sociales y 8 son instituciones públicas.

De acuerdo con Flores-Cruz y García-Salazar (2016), es urgente suscitar una estructura de mercado más competitiva, para generar la disminución en el precio de la semilla y con ello incrementar la tasa de adopción de semilla mejorada, y en consecuencia el nivel de producción y el bienestar.

Los resultados obtenidos concuerdan con SADER (2020), quien mencionó que la estructura de abasto de las semillas mejoradas se compone de diversos tipos de productores: las empresas transnacionales que producen y comercializan las variedades generadas por ellos mismos; empresas productoras de semillas nacionales medianas con programas de investigación y desarrollo que producen y comercializan sus propios materiales; empresas productoras de semillas nacionales

pequeñas y asociaciones de productores que producen y comercializan semilla para nichos específicos de producción con materiales de instituciones de investigación, principalmente INIFAP y CIMMYT (SADER, 2020b), como se muestra en seguida (Cuadro 4).

Se encontró que la concentración de actores en el abasto de semillas mejoradas se agrupa en maíz y trigo, lo cual concordó con Escárraga et al. (2021) quienes refirieron que el Sistema Formal de Semillas (SFS) se especializa en híbridos y un número limitado de cultivos.

Las categorías de semillas que se comercializan son la certificada, habilitada y declarada; este contraste se debe a la capacidad del programa de producción de la empresa para garantizar la pureza de las semillas producidas, en el caso de las personas físicas y empresas pequeñas regularmente solicitan la asistencia del SNICS, quien después de un proceso de seguimiento e inspección exitoso, le concede la etiqueta de semilla certificada, por su parte la semilla habilitada deriva de un proceso en el que no se pudo verificar al 100 % un parámetro de calidad de la semilla, sin embargo se almacena para usos en caso de emergencia o puesta en venta a un menor precio.

5.3.4 Abasto de semillas certificadas

Para conocer la efectividad que tiene la estructura anterior en el abasto de semillas a nivel nacional, se realizó una comparación entre la semilla producida y la requerida por año agrícola, usando como referencia la densidad de siembra promedio por cultivo.

A continuación, en el cuadro 11 se presenta la semilla requerida según la superficie sembrada, la semilla producida, el déficit, y el porcentaje de cobertura de semilla calificada (certificada + habilitada) por superficie nacional o regional, según sea el caso.

5.3.4.1 Abasto nacional

Con base en la densidad de siembra promedio que se aplicó en cada cultivo, donde se consideró la superficie sembrada y los ciclos de producción, se estimó el consumo de semilla para un año agrícola (Cuadro 4).

Cuadro 4. Producción y abasto estimado de semillas certificadas a nivel nacional, calculados para el año agrícola 2020-2021.

Cultivo	*SR (t)	*SP (t)	*D (t)	*C (%)
Avena	5,185	16,315.7	---	314.7
Cártamo	284	331.0	---	116.7
Trigo	88,612	76,856.1	-11,756	86.7
Arroz	4,370	3,461.9	-908	79.2
Maíz	219,286	86,971.7	-132,315	39.7
Soya	12,370	3,691.5	-8,679	29.8
Cebada	51,812	5,126.8	-46,685	9.9
Frijol	82,822	6,376.5	-76,446	7.7
Sorgo	12,976	47.0	-12,929	0.4
Tomate	2,000,000	0	-2,000,000	0

*SR: volumen requerido; SP: producción de semilla; D: déficit; C: cobertura; VR: variedades
Fuente: Elaboración propia con datos de SNICS (2021) y SIAP (2021).

En este estudio se encontró que la disponibilidad de semilla de avena superó en 300 % la superficie actualmente sembrada.

El cultivo de avena en México ha presentado un crecimiento dinámico, durante el 2021 ascendió a 49 mil hectáreas de dedicadas a la producción de grano, esto representó una disminución con respecto al 2013, en donde de acuerdo con Bobadilla Meléndez et al. (2013), ese año se sembraron 900 mil hectáreas y la semilla era insuficiente para abastecer las necesidades de los productores.

En el caso del maíz, para abastecer las más de 7 millones de hectáreas sembradas en el año 2020-21 se requirió un volumen aproximado de 219 t no obstante, esa necesidad se abasteció únicamente en 39% con el volumen de semillas producidas

ese mismo año; esto fue consistente con Arenas Calle et al., (2015), quienes encontraron que entre 70% y 90% de los cultivos en países en desarrollo se siembran con variedades locales y semillas de autoabastecimiento o adquiridas de sistemas informales, lo cual puede interpretarse como una divergencia de intereses entre lo que se produce y las necesidades de los agricultores de tener semillas adaptadas a su ambiente.

Sin embargo, no basta con tener semillas adaptadas al ambiente local, sino que éstas deben ser de calidad, lo cual coincidió con De los Santos-Ramos et al. (2017), quienes encontraron que el 87 % de los productores de maíz en México utilizaban semillas criollas adaptadas a las condiciones locales, pero de poca calidad para la industria, esto es relevante por el destino del grano; el maíz blanco se utiliza en la industria de la harina como materia prima en la elaboración de tortillas, almidón y edulcorantes; mientras que en la elaboración de alimentos balanceados para el ganado se utiliza principalmente maíz amarillo.

Se encontró que la semilla para abastecer las necesidades del cultivo de tomate se comercializa en categoría “declarada”, y en su totalidad es de importación por la escasa producción a nivel nacional, puesto que no hay registro de certificación de semilla ante el programa de producción de semillas certificadas de SNICS.

Adicionalmente se encontró que quienes comercializan semillas de tomate, son empresas de gran tamaño que cuentan con sus propios programas de producción, debido a que es un cultivo muy rentable. En ese mismo sentido, se infiere que gran parte del sorgo, el frijol, la cebada, la soya y el maíz son comercializadas en la misma categoría, coincidiendo con los cultivos intensivos identificados en el segundo apartado de resultados del presente trabajo. Lo anterior concuerda con Arenas Calle et al. (2015), quienes encontraron que en América Latina el sector formal de producción de semillas está constituido principalmente por empresas que se enfocan a cultivos de importancia económica y dirigidas a medianos y grandes productores.

5.3.4.2 *Abasto regional*

En concordancia con Arenas Calle et al. (2015), la industria semillera varía de un país a otro, puesto que sus características, su comportamiento e incluso sus normas internas cambia de acuerdo a sus contextos locales, de tal manera que dentro de un mismo país, se presentan contrastes entre los sectores semilleros entre cultivos y regiones; por tal motivo, se consideró necesario el análisis a nivel regional.

A continuación, se presenta el análisis de la estructura de abasto que opera en cada una de las cinco regiones productivas identificadas en México, según la clasificación de SADER. Adicionalmente se muestran los resultados del análisis de las necesidades estimadas y producción de semilla por región, lo que permitió conocer el nivel de déficit o superávit de semillas.

De un total de 688 actores inscritos en el Directorio de Productores, Obtentores y Comercializadores de Semillas (DPOCS), se observó la participación de cuatro tipos de actores involucrados en el abasto formal, estos son empresas nacionales y multinacionales, personas físicas, instituciones públicas y asociaciones de productores; lo obtenido concordó con Escárraga et al. (2021) y García-Salazar y Guzmán-Soria (2015), quienes identificaron que en el Sistema Formal de Semillas del país intervienen actores de la iniciativa pública y privada, quienes se enfocan en actividades como la conservación, el mejoramiento, la investigación, la certificación, el comercio y la producción de semillas (Escárraga et al., 2021a), es decir, se identificó que incurren en todos los eslabones de la cadena.

Adicionalmente, se identificó el papel predominante de las empresas sobre todo en regiones como el Noroeste, Noreste y Centro Occidente (Cuadro 5), la mayor concentración de empresas se ubica en el noroeste y a nivel nacional se concentró en el cultivo de trigo y maíz, lo que es coherente con Uzcanga Pérez et al. (2017), quienes encontraron que en los estados de Baja California y Sonora (Región Noroeste), donde existe la mayor adopción de materiales mejorados, además Espinoza et al. (2003b), refirieron que esa tendencia se debe a que las empresas de semillas prefieren trabajar para las condiciones de alta productividad, porque les brinda mayor seguridad de éxito y ganancia económica.

En el análisis de abasto de semillas por región productiva, se encontró heterogeneidad en el número y tipo de cultivos que se siembran, siendo el común en todas las regiones, el cultivo de maíz, lo que denota la importancia económica y cultural de dicho producto.

Cuadro 5. Organismos que participan en la estructura de abasto de semillas mejoradas, por región productiva.

Región	Empresas	Personas físicas	Instituciones públicas	Asociaciones	Total
Noroeste	276	98	0	23	397
Noreste	123	37	2	0	162
Centro occidente	128	46	2	8	184
Centro	78	64	8	3	153
Sur Sureste	83	66	1	7	157
Total	688	311	13	41	1053

Fuente: Elaboración propia, con información de SNICS (2023).

Se observó que la mayor concentración de actores dentro de todas las cadenas regionales ocurre en los eslabones de multiplicación (producción de semilla) y comercialización (Cuadro 6). Lo que es consistente con lo encontrado en el análisis a nivel nacional.

La diversidad de actores que participan en la producción de semillas certificadas varía según la región, lo que se traduce como mayor o menor complejidad de acuerdo con la FAO (2015a), dada la presencia en ellos de diversos actores, tales como entidades del sector público, institutos de investigación agrícola, grandes compañías comerciales, empresas de pequeña escala, entidades comunitarias de producción de semillas, asociaciones y cooperativas de agricultores, ONG y los propios agricultores.

Lo anterior, representa áreas de oportunidad para incursionar en el abasto de semillas en todos los eslabones dado que aún hay déficit de semillas de calidad en ocho de diez cultivos analizados.

Cuadro 6. Estructura de la cadena de valor de semillas mejoradas por región productiva en México.

Región	O*	M*	A*	B*	C*	D*	I*	E*	Total
Noroeste	3	330	110	65	306	33	10	5	397
Noreste	6	120	113	52	129	67	19	5	162
Centro occidente	17	122	88	42	128	63	21	14	184
Centro	11	111	73	37	91	42	8	5	153
Sur Sureste	1	121	30	13	128	25	3	3	157

*O: Obtentores, M: Multiplicadores, A: Almacenadores, B: Beneficiadores, C: Comercializadores, D: Distribuidores, I: Importadores, E: exportadores

Fuente: elaboración propia con información de SNICS (2023).

Se encontró que la capacidad de almacenamiento y beneficio en la región Noroeste es de 887,786.38 y 13,821 toneladas, respectivamente. Lo que significa que la capacidad de almacenamiento solamente está siendo utilizada en un 10 % y la de beneficio en un 70 %.

Cuadro 7. Producción y abasto estimado de semillas mejoradas en la Región Noroeste.

Cultivo	Superficie sembrada (h)	Volumen requerido (t)	Volumen producido (t)	Abasto hipotético (%)	Déficit (t)
Trigo	332,872	61,581	63,044	102.38	+1464
Cártamo	10,171	92	189	206	+97
Soya	902	59	17	29.61	-41
Arroz	7,361	810	109	13.46	-701
Maíz	558,511	30,718	29,208	95.08	-1,510
Frijol	160,084	8,805	4,945	56.16	-3,860
Total	1,069,901	102,065	97,512	--	--

Fuente: Elaboración propia con datos de SNICS (2021) y SIAP (2021).

En términos de amplitud y variedad de producción de semillas, la región Centro Occidente y Noreste destacan, puesto que produjeron 8 y 7 (respectivamente) de los diez cultivos de interés para este estudio (Cuadro 7 y 9).

La capacidad de almacenamiento y beneficio en la región Noreste es de 189,873 y 19,150 toneladas respectivamente. Lo que representa el 15 % de la capacidad de almacenamiento y el 151 % de la capacidad de beneficio.

Cuadro 8. Producción y abasto estimado de semillas mejoradas en la Región Noreste.

Cultivo	Superficie sembrada (h)	Volumen requerido (t)	Volumen producido (t)	Abasto hipotético o (%)	Déficit o superávit (t)
Avena	20,271	2,264	10,871	480	+8,607
Trigo	19,193	3,199	6,547	204.67	+3,348
Arroz	1,914	230	2,534	1103.27	+2,304
Soya	50,189	3,262	3,674	112.63	+412
Sorgo	901,758	7,214	15	0.21	-7,199
Maíz	561,129	14,028	4,013	28.60	-10,016
Frijol	996,564	53,814	1,362	2.53	-52,453
Total	2,551,018	84,011	29,016	--	--

Fuente: Elaboración propia con datos de SNICS (2021) y SIAP (2021).

La región centro occidente, conformada por los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco y Michoacán, Querétaro y San Luis Potosí, tuvo un abasto de semillas certificadas como se muestra en el cuadro 9.

Uno de los aspectos de relevancia a considerar en la producción de semillas es el clima, siendo la región centro occidente uno de los más deseados por los semilleros.

En Centro Occidente hay una capacidad de almacenamiento y beneficio de 1,114,206.08 y beneficio de 13,574 toneladas, respectivamente. Lo que representa el de 7 % de la capacidad de almacenamiento y el 50 % de la capacidad de beneficio.

Cuadro 9. Producción y abasto estimado de semillas mejoradas en la Región Centro Occidente.

Cultivo	Superficie sembrada (h)	Volumen requerido (t)	Volumen producido (t)	Abasto hipotético %	Déficit (t)
Maíz	1,525,273	45,788	50,099	109.41	+4,310
Sorgo	162,230	1,379	32	2.32	-1,347
Trigo	119,759	22,355	19,471	87.10	-2,884
Frijol	66,163	3,308	48	1.46	-3,260
Cebada	49,303	7,395	5,127	69.32	-2,269
Avena	10,452	1,010	3,813	377	+2,803
Arroz	3,400	400	623	183.24	+283
Cártamo	1,755	16	142	899	+126
Total	1,938,335	81,651	79,355	--	--

Fuente: Elaboración propia con datos de SNICS (2021) y SIAP (2021).

Cabe resaltar que Querétaro y San Luis Potosí no aparecen como productores de semillas de ninguno de los cultivos abordados en este estudio.

Se encontró que la región centro occidente aporta una séptima parte de la superficie cultivada de maíz a nivel nacional y, aun así, presenta un superávit en la producción de semillas mejoradas.

Por su parte, la región Centro, conformada por los estados de Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala; únicamente se producen cuatro de los diez cultivos abordados (Cuadro 10), cabe mencionar que coincide con los cultivos estratégicos de la administración de gobierno actual.

En la región Centro hay una capacidad de almacenamiento y beneficio de 343,271.2 y beneficio de 2,234.2 toneladas, respectivamente. La suma de la semilla producida en esa región durante el 2021 representó el 0.8 % de la capacidad de almacenamiento y el 125 % de la capacidad de beneficio.

Cuadro 10. Producción y abasto estimado de semillas mejoradas en la Región Centro.

Cultivo	Superficie sembrada (h)	Volumen requerido (t)	Volumen producido (t)	Abasto hipotético (%)	Déficit (t)
Maíz	2,330,473	46,609	903	1.94	-45,705
Trigo	19,746	2,370	225	9.50	-2,145
Avena	14,826	1,532	1,632	106.53	+100
Arroz	872	87	43	49.75	-44
Total	2,365,917	50,598	2,803	--	--

Fuente: Elaboración propia con datos de SNICS (2021) y SIAP (2021).

En la región Sur Sureste conformada por los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán; para el año 2021 se produjo semilla de tres de los diez cultivos analizados en el presente estudio. En el cuadro 11 se muestran los resultados de abasto hipotético para esta región.

Cuadro 11. Producción y abasto estimado de semillas mejoradas en la Región Sursureste.

Cultivo	Superficie sembrada (h)	Volumen requerido (t)	Volumen producido (t)	Abasto hipotético (%)	Déficit (t)
Maíz	1,966,430	39,329	2,749	6.99	-36,579
Frijol	144,909	5,313	21.3	0.40	-5,292
Arroz	2,902	290	152	52.55	-138
Total	2,114,241	44,932	2,922	--	--

Fuente: Elaboración propia con datos de SNICS (2021) y SIAP (2021).

En la región Sur Sureste hay una capacidad de almacenamiento y beneficio de 18,281,373 y beneficio de 15,000,324.4 toneladas, respectivamente. Si se considera la semilla de maíz, frijol y arroz producida ese año, ésta representa el 0.015 % de la capacidad de almacenamiento y el 0.019 % de la capacidad de beneficio.

5.3.5 El sector obtentor en instituciones públicas: Caso Universidad Autónoma Chapingo

Al analizar la estructura de abasto de semillas en México, se identificaron cuatro instituciones públicas que sobresalen por el número de variedades que registran en el CNVV.

La participación de las instituciones de investigación públicas en el abasto de semillas certificadas está limitada puesto que las políticas nacionales no incentivan la competitividad de éstos, lo que concordó con la FAO (2015a), que declaró que muchos países en desarrollo carecen de adecuadas políticas de semillas, es decir de principios que orienten las actividades del Gobierno y definan las funciones de los interesados. La inexistencia de tales políticas reduce la capacidad de los países de proporcionar a los pequeños agricultores acceso adecuado a semillas de calidad de los cultivos más apropiados para sus sistemas de producción agrícola y para las condiciones y necesidades que experimentan.

Llama la atención el caso de la Universidad Autónoma Chapingo, puesto que es la institución de enseñanza e Investigación con mayor número de variedades inscritas, al 2022 se contabilizaron 154, por encima del COLPOS y de CIMMyT.

Si bien, la finalidad de las instituciones de enseñanza e investigación agrícola no es la participación en el mercado de los agronegocios, lo que se visibiliza en el bajo número de variedades en programas de calificación del SNICS (17 variedades al 2022); es inevitable la generación de productos y servicios secundarios derivados de la realización de sus actividades sustantivas, que pueden ser de interés para productores no atendidos actualmente por el sector comercial de semillas.

Se realizó una búsqueda de cultivos en los cuales hay antecedentes de trabajo de fitomejoramiento dentro de la UACH, dando como resultado un total de 152 registros en 17 cultivos, en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (Figura 17), posteriormente se buscó a los obtentores de dichas variedades registradas dando un total de 12 fitomejoradores a los cuales se les contacto para solicitar una entrevista presencial o en línea según la disponibilidad.

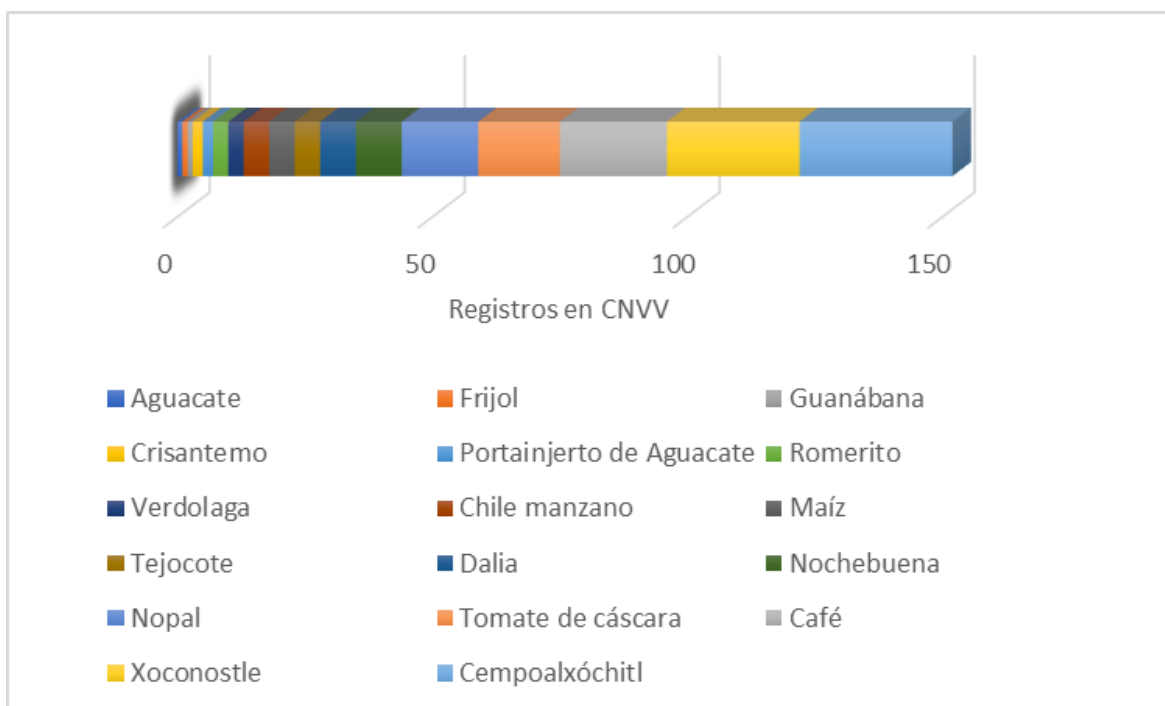


Figura 17. Antecedentes de innovaciones vegetales registradas por la UACH en el CNVV.

Fuente: Elaboración propia con información de SNICS (2023).

Se entrevistó a un total de ocho fitomejoradores, que trabajan con especies como jitomate, chile manzano, tomate de cáscara, aguacate, calabaza, haba y algunas ornamentales.

Los resultados mostraron que la media de la edad de los fitomejoradores es de 63 años con un promedio de 34 años de experiencia. Cabe resaltar que actualmente no existe un plan de formación de nuevos fitomejoradores dentro de la UACH. Los recursos para investigación provienen de tres fuentes principales, institucionales, públicos y en algunos casos de colaboraciones con empresas privadas y extranjeras.

Los factores referidos como justificante para el trabajo de mejoramiento genético que se realiza fueron los siguientes: Formación de talento humano, conservación de recursos fitogenéticos, necesidad de variedades adaptadas a un clima y región en específico, el nivel de complejidad, la experiencia previa y la proyección a futuro.

Los objetivos de mejoramiento están orientados a mejorar los rasgos de composición, conferir tolerancia o resistencia a factores bióticos y abióticos y mayor capacidad de adaptación para aumentar el rendimiento en campo.

Los principales retos detectados fueron económicos: definido como la falta de un programa de mejoramiento genético a largo plazo que garantice el financiamiento; y sociales, expresado como una red de colaboración frágil e incipiente dentro y fuera de la universidad, que limita el intercambio de materiales y de conocimiento.

Con respecto a la difusión de los materiales generados dentro de la UACH, éstos no reciben la atención adecuada, los eventos en los que se muestran son días de campo con presencia muy aislada de productores.

La estructura operativa actual para transferencia de las innovaciones generadas es inexistente, lo que ocasiona que los materiales no se utilicen (Figura 14) y por lo tanto no impacten en el campo mexicano.

El entorno actual de los agronegocios muestra una fuerte orientación al mercado y a la demanda, así pues, este contexto genera beneficios potenciales para la agricultura en tres aspectos.

Primeramente, al exteriorizar la agricultura nacional a la competencia global; en segundo lugar, aumentar el intercambio comercial genera efectos indirectos, promoviendo un mayor desarrollo de los sectores no necesariamente agrícolas y en tercer lugar, el cambio en gustos y preferencias diversifica la demanda de productos, sobre todo en las zonas urbanas (Caballero-García & Santoyo-Cortés, 2019).

Y dadas las condiciones del mercado la presencia de la competencia obliga a los productores a especializarse aprovechando las ventajas comparativas y a desarrollar las capacidades que les permitan acceder a mercados globales, lo cual genera una ola de efectos positivos en todo el sector agroalimentario. Pese a ello, estos efectos requieren ajustes institucionales considerables para ser aprovechados.

En el caso de los pequeños productores, es necesario construir un entorno que les permita acceder a los mercados e integrarse en las cadenas de valor de acuerdo

con sus productos e intereses, para ellos es indispensable plantear mecanismos de mercado y reducir costos de transacción.

Existen muchos productores de maíz criollo en regiones aisladas que reducen costos unitarios a través del mejoramiento participativo de sus variedades locales, la adopción de mejores prácticas de manejo del cultivo y la comercialización bajo esquemas de asociación o cooperativas agrícolas, son otras formas que favorecen la reducción de costos, y por lo tanto, promueven el acceso a mercados de productos de mayor valor.

Dado que una de las tendencias de los agronegocios es la orientación de sus objetivos hacia una producción flexible y personalizada, con ciclos de vida del producto cortos y precio basado en el valor percibido por el cliente (Caballero-García & Santoyo-Cortés, 2019), ANOVE (2022), recomienda apostar decididamente por la innovación; este es el único modo de ser competitivos y de aportar verdadero valor, tanto al agricultor como al conjunto de la cadena, satisfaciendo al mismo tiempo las demandas de los cada vez más exigentes consumidores finales.

5.3.5.1 Estrategia de transferencia de tecnología para una institución pública generadora de variedades vegetales: Caso Universidad Autónoma Chapingo

Diagnóstico del entorno

I. Situación Actual

1.1 Información cooperativa básica

La Universidad Autónoma Chapingo (UACH), es una institución mexicana pública caracterizada por ser pertinente, mantener su liderazgo a través de los años y gozar de gran reconocimiento nacional e internacional; además de contar con alta calidad académica en la educación; los servicios y la transferencia de las innovaciones científicas y tecnológicas que realiza; sus contribuciones en investigación científica y tecnológica tienen gran importancia e impacto; además tiene un papel

predominante en el rescate y la difusión de la cultura, sus antecedentes históricos se muestran en la figura 18.

Chapingo tiene presencia en 10 estados de la república mexicana, a través de unidades y centros regionales, así como la sede central que se encuentra en Texcoco de Mora, Estado de México.

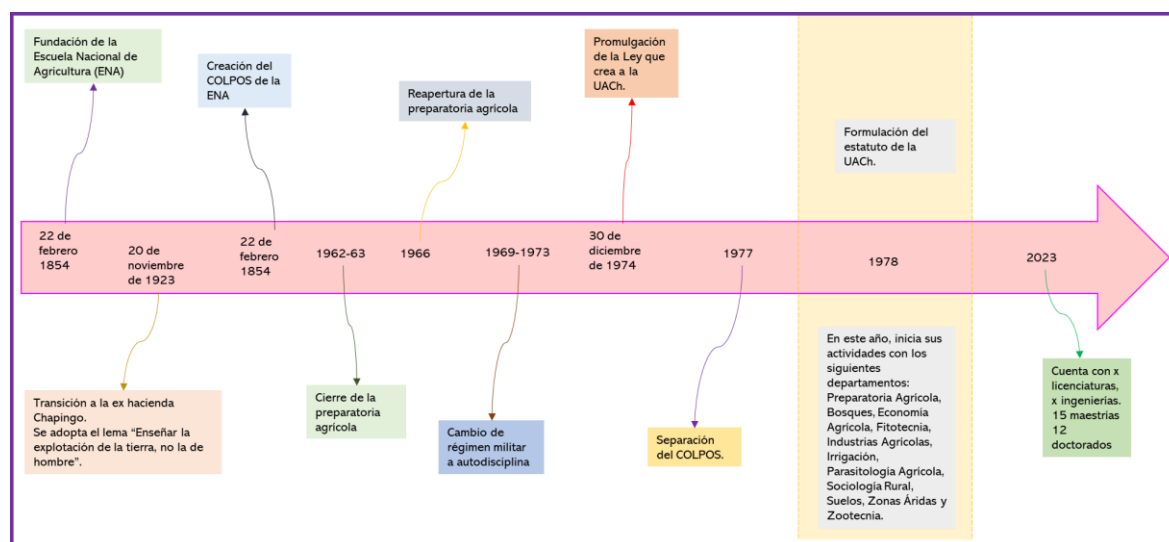


Figura 18. Antecedentes históricos de la UACH.

Fuente: Elaboración propia, con información de Chapingo (2023).

Los estudios de posgrado en Chapingo iniciaron en 1959, con la creación del Colegio de Postgraduados, mismo que en 1977 pasó a ser un organismo independiente. En 1978 la Universidad estableció nuevamente los estudios de posgrado. En la actualidad cuenta con 27 programas de posgrado, 12 Doctorados y 15 Maestrías (Figura 19), la mayoría reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) (UACH, 2023). Durante la gestión del Dr. J Reyes Altamirano Cárdenas en la Dirección General de Investigación y Posgrado (DGIP), se estableció la Oficina de Propiedad Intelectual y que a partir de la misma se incrementó el registro de las variedades vegetales tanto para derechos de obtentor y en el catálogo nacional de variedades vegetales (CNVV).

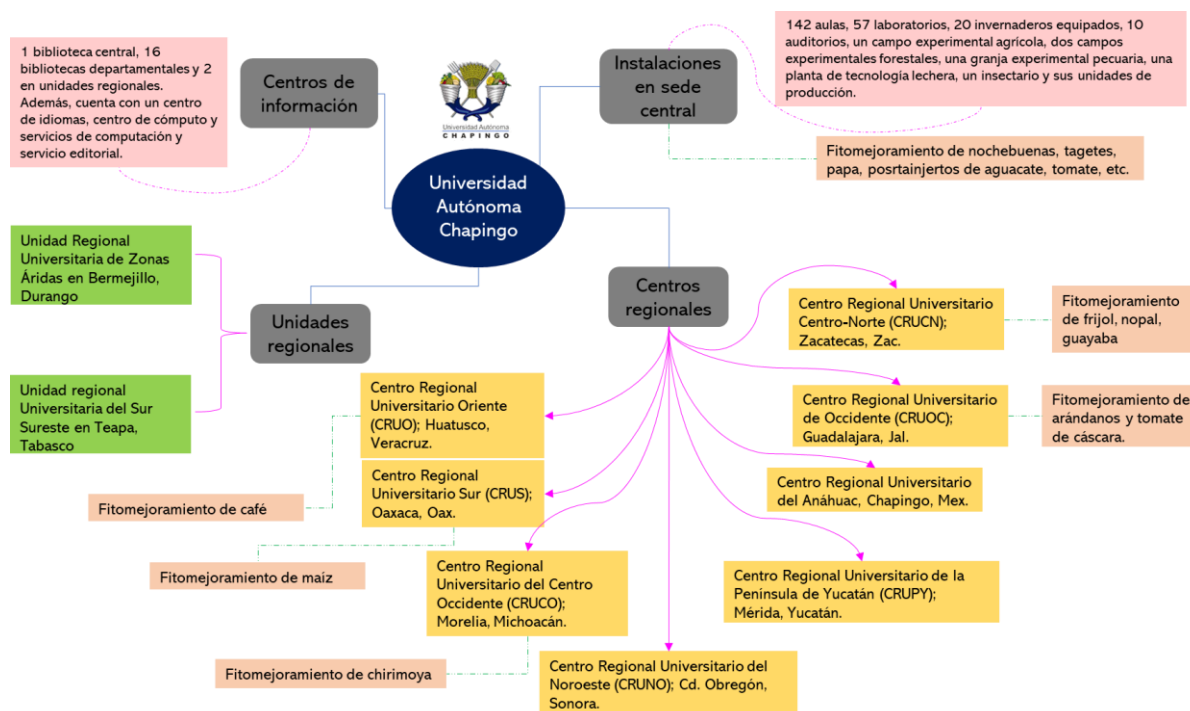


Figura 19. Estructura de Chapingo.

Fuente: Elaboración propia con información de Chapingo (2023).

A pesar de que la generación de variedades no es una de las actividades sustantivas de la universidad, es inevitable que se generen variedades mejoradas debido al trabajo de los especialistas en la formación de talento humano a través de la realización de tesis de licenciatura, maestría y doctorado.

Entre los aportes de esta institución, están la generación de nuevas metodologías agronómicas, y el desarrollo, la liberación y registro de nuevas variedades vegetales.

La Universidad Autónoma Chapingo, a través de sus investigadores, ha obtenido 73 títulos de obtentor de variedades vegetales que por sus cualidades representan algún tipo de ventaja en las diferentes dimensiones de la calidad del cultivo en sus aspectos agronómicos, económicos y de requerimientos para el usuario final.

¿Cómo Chapingo puede aprovechar las variedades generadas?

Para que estas aportaciones intelectuales tengan pertinencia social se requiere elaborar un esquema de licenciamiento que permita, de acuerdo a la legislación

mexicana, a la Ley que Crea la Universidad Autónoma Chapingo, al Estatuto de la Universidad Autónoma Chapingo y a la normatividad universitaria vigente, el uso de estas variedades vegetales a los potenciales usuarios bajo un contrato, en el que se estipulen los permisos, sus límites y las regalías que pudieran solicitarse a los comercializadores de estas variedades.

En este sentido ya hubo un primer acercamiento con la elaboración de un convenio para el licenciamiento de variedades, y entre los lineamientos definidos por la DGIP se estipula que los contratos serán específicos para cada tipo de solicitante del uso de la variedad vegetal y se dará prioridad y ventajas económicas a organizaciones sociales de productores, por otro lado, las medianas y grandes empresas, deberán pagar regalías a la UACH.

1.2 Visión

La Universidad Autónoma Chapingo es una institución mexicana pública pertinente, con liderazgo y reconocimiento nacional e internacional por: la alta calidad académica en la educación; los servicios y la transferencia de las innovaciones científicas y tecnológicas que realiza; la importancia y magnitud de sus contribuciones en investigación científica y tecnológica; y por el rescate y la difusión cultural que desarrolla. Enfatiza la identidad y el desarrollo nacional soberano, sustentable e incluyente, a través del mejoramiento de las condiciones económicas, sociales, culturales y de calidad de vida de la población rural y marginada. Educa integralmente a sus estudiantes y egresados, con juicio humanista y justo, científico, ecológico, democrático y crítico, con identidad nacional y perfil internacional; y los hace tolerantes, emprendedores, sensibles y capaces de adaptarse a los rápidos cambios que la modernidad exige. Su estructura, organización y programas académicos, son flexibles y permiten la actualización permanente y la educación para la vida. Impulsa la presencia positiva y el protagonismo de la Nación Mexicana en el ámbito mundial (UACH, 2023).

1.3 Misión

En la Universidad Autónoma Chapingo somos una institución mexicana federal, de carácter público, que tiene como misión impartir educación de nivel medio superior y superior; desarrollar investigación científica y tecnológica ligada a la docencia; preservar, difundir y acrecentar la cultura; pugnar por transferir oportunamente al sector rural las innovaciones científicas y tecnológicas; y procurar una adecuada planificación de la agricultura y de los servicios que ésta requiere, para formar profesionales, docentes, investigadores y técnicos altamente capacitados, con juicio crítico, nacionalista, democrático y humanístico; que como la propia UACH, respondan a un aprovechamiento racional, económico y social de los recursos agropecuarios, forestales y otros recursos naturales, a elevar la calidad de vida en los aspectos económico y cultural, especialmente de la población rural, y contribuir así, al desarrollo nacional soberano y sustentable (UACH, 2023).

1.4 Política de calidad institucional (Objetivos)

A continuación, se enlistan tres objetivos de la una Universidad Autónoma Chapingo que bien pueden justificar la implementación del modelo de negocios propuesto:

Impartir educación de nivel medio y superior (técnico, de licenciatura y de posgrado, para formar personal docente, investigadores y técnicos con juicio crítico, democrático, nacionalista y humanístico y un elevado espíritu por el trabajo, que los capacite para contribuir a la solución de los problemas del medio rural (UACH, 2023).

Desarrollar la investigación científica, básica y tecnológica, ligada a la docencia para obtener el mejor aprovechamiento económico y social de los recursos agropecuarios, forestales y otros recursos naturales el país y encontrar nuevos procedimientos que respondan a las necesidades del desarrollo nacional independiente Impartir educación de nivel medio y superior (técnico, de licenciatura y de posgrado, para formar personal docente, investigadores y técnicos con juicio crítico, democrático, nacionalista y humanístico y un elevado espíritu por el trabajo, que los capacite para contribuir a la solución de los problemas del medio rural (UACH, 2023).

Procurar en coordinación con otras Instituciones de carácter agrícola, una adecuada planificación de la agricultura, especialmente la de temporal, atendiendo a los aspectos ecológicos de crédito, mecanización agrícola, perfeccionamiento de sus técnicas de producción e industrialización, fertilizantes, sanidad vegetal, seguridad agrícola, comercialización agrícola, formas de organización servicios asistenciales y otros a fin delegar la productividad, ingresos y niveles de vida de los campesinos y otros trabajadores del campo (UACH, 2023).

1.5 Análisis FODA del modelo de Transferencia de variedades generadas en la UACH.

Con este análisis FODA se busca detectar y aprovechar las oportunidades particulares que el entorno actual ofrece al modelo de transferencia de variedades generadas en la UACH, eludiendo sus amenazas, mediante un buen uso de sus fortalezas y una neutralización de sus debilidades.

1.5.1 Análisis interno

Las debilidades y fortalezas son los aspectos internos que afectan las posibilidades de éxito de la estrategia planteada en este plan de negocios. En este sentido se destacan, el desconocimiento en aspectos de comercialización de semillas y cobro de las regalías correspondientes, es decir no hay un aprovechamiento de la propiedad intelectual de esas semillas; pero en el otro extremo se tiene que se cuenta con diversas variedades adaptadas a distintas regiones del país y se cuenta con un grupo de expertos en distintos cultivos.

1.5.2 Análisis del entorno

Las oportunidades y amenazas que el entorno ofrece al modelo de transferencia de variedades generadas en la UACH permiten condiciones para aprovechar y mejorar la manera en que se abastece de semillas de calidad al productor y aumentar la posibilidad de éxito de esta estrategia o disminuirla. Por ejemplo, los cambios en la operación de los fideicomisos públicos de apoyo a la investigación.

-Matriz FODA

Factores internos	Fortalezas (+)	Debilidades (-)
	Grupo de expertos Variedades propias Diversidad de cultivos, algunos no atendidos por las empresas Infraestructura para la generación, multiplicación y beneficio de semillas. Variedades adaptadas a diferentes regiones de México.	Personal cerca de la jubilación. Falta de promoción de las semillas del programa. Equipos no actualizados. Recursos fiscales limitados. No existe un programa articulado de mejoramiento y transferencia de nuevas variedades que incluya instituciones, empresas semilleras, sistema-producto, extensionista y productores líderes, enfocado en las preferencias del mercado (SADER, 2020d). No existe un programa de sucesión para dar seguimiento a los proyectos de mejoramiento que se están realizando actualmente.
Factores externos	Oportunidades (+)	Amenazas (-)
	Mayor identificación de las necesidades de los consumidores. Con el paso del tiempo, el potencial genético y productivo de las semillas y variedades que se utilizan disminuye debido a factores edafoclimáticos.	Disminución de recursos fiscales para investigación. La situación económica complicada, que los productores no comprenden semilla. No hay continuidad en los planes de mejoramiento y producción de semilla de calidad, por lo que se dificulta la transferencia y la renovación de la semilla.

1.6 Objetivos estratégicos

Las universidades son generadoras de bienes intangibles y tangibles con naturaleza intelectual, ya que crean activos de propiedad intelectual, que propician un entorno que fomenta nuevo conocimiento, mismo que pueden cederse o transferirse a terceros para que sean aplicados en la industria o/y comunidades.

La propuesta central del presente modelo se basa en la fracción sexta del artículo TERCERO fracción VI de la Ley que Crea a la Universidad Autónoma Chapingo, ésta contempla *el pugnar porque las innovaciones científicas y tecnológicas lleguen oportunamente al sector rural, a fin de promover el cambio social para lograr un mejor nivel económico y cultural de sus miembros* (UACH, 2023); es en ese contexto que algunos profesores investigadores y fitomejoradores de la UACH, a lo largo de años de investigación y servicio han logrado obtener una serie de nuevas variedades vegetales de diversas especies.

Por ende, y sobre la base del Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2009-2025 de la UACH, se establecieron los lineamientos para promover la protección, el licenciamiento y la transferencia de los productos generados bajo las formas diversas que ofrecen las leyes nacionales.

II. Entorno Económico Social

2.1 Economía

La pandemia del COVID-19 durante el año 2020, tuvo implicaciones sobre la economía de todos los países, sobre la inflación y las condiciones financieras globales, adicionalmente la guerra de Rusia con Ucrania ocasionó una serie de eventos coyunturales entre los que destacan la alza en diversos productos primarios e insumos para la producción como es el caso de los fertilizantes.

Respecto al sector agroalimentario, caso contrario, al descenso de la economía en el país, en el transcurso del penúltimo tercio del 2020, el Producto Interno Bruto (PIB) del Sector Agroalimentario, en términos reales, creció a razón de 2.3 %, da causa del buen desempeño del sector primario (SADER, 2020a). Lo que implica un escenario económico favorable para la agricultura y demás agentes asociados.

2.2 Política pública sectorial

La política agrícola nacional está definida en el Programa Sectorial Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024 derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Los principales objetivos del programa son:

1. Lograr la autosuficiencia alimentaria vía el aumento de la producción y la productividad agropecuaria y acuícola pesquera.
2. Contribuir al bienestar de la población rural mediante la inclusión de los productores históricamente excluidos de las actividades productivas rurales y costeras, aprovechando el potencial de los territorios y los mercados locales;
3. Incrementar las prácticas de producción sostenible en el sector agropecuario y acuícola pesquero frente a los riesgos agroclimáticos.

El programa sectorial busca fomentar sistemas agrícolas y alimentarios integradores y eficientes. Otra de las estrategias prioritarias en ese sentido es la de promover la inclusión productiva de las y los productores de pequeña y mediana escala para un desarrollo regional incluyente. Es por ello, que la concreción de la nueva política agroalimentaria requiere el fortalecimiento institucional y una gestión pública con ética, transparencia y legalidad, que recupere el papel del Estado como garante de derechos y así lograr la transformación de la vida pública.

En ese sentido, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural a través de su estrategia institucional define las prioridades y acciones necesarias para una gestión responsable por medio de un marco normativo sencillo; una administración transparente del ejercicio de los recursos públicos centrada en el combate a la corrupción; una permanente rendición de cuentas; la mejora continua y la participación social.

Adicionalmente a estos lineamientos generales de la política sectorial de manera específica para semillas se cuenta con El Programa Nacional de Semillas 2020 2024, el cual es un programa especial establecido en la Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas que tiene por objeto establecer las políticas, objetivos, metas, estrategias y acciones en materia de semillas. Este programa tiene como principales objetivos, entre otros, promover y fomentar la investigación

científica y tecnológica para mejorar y obtener semillas, así como para conservar y aprovechar las variedades vegetales de uso común y promover esquemas para que los pequeños productores tengan acceso preferente a nuevas y mejores semillas (SADER, 2020c).

De lo anterior se desprende que la política pública sectorial actual brinda elementos y condiciones favorables para el fomento a la innovación y el desarrollo tecnológico, sin embargo, desafortunadamente los presupuestos públicos para el sector son cada vez más limitados, y en el caso de Chapingo la generación de nuevas tecnologías y semillas dependen significativamente de presupuesto público. Por lo que la UACH debe buscar alternativas para generar y obtener recursos que sustituyan la fuente gubernamental; entre las opciones está la de establecer asaciones público-privadas para el desarrollo de proyectos de investigación y, el cobro de regalías por el aprovechamiento de su propiedad intelectual, tanto de patentes como de derechos de obtener de variedades vegetales obtenidas

2.3 Tendencias clave

Una serie de tendencias mundiales están influyendo en la seguridad alimentaria, la biodiversidad y la sostenibilidad general de los sistemas agrícolas y alimentarios., entre ellas se tienen las siguientes (Caballero-García & Santoyo-Cortés, 2019):

Modificación en los patrones de consumo. Los hábitos y las practicas alimentarias tienden a sufrir lentas modificaciones cuando las condiciones ecológicas, socioeconómicas y culturales de la familia permanecen constantes a través del tiempo. Sin embargo, en las últimas décadas se han producido cambios drásticos, particularmente en los hogares urbanos, por una multiplicidad de factores que han influido en los estilos de vida y en los patrones de consumo alimentario de la población.

Dentro de los principales factores que influyen en los patrones de consumo son los ingresos, los cambios sociodemográficos, la incorporación de servicios en la alimentación, publicidad, y factores nutricionales, psicológicos y culturales vinculados al consumo alimentario. La producción de alimentos debe estar enfocada

a satisfacer los requerimientos de los consumidores de acuerdo con los nuevos patrones de consumo

Nutrición y salud. Una alta proporción de la población está afectada por la malnutrición (desnutrición, carencia de micronutrientes, sobrepeso y obesidad). La producción agrícola mundial es suficiente para cubrir las necesidades dietéticas de toda la población; sin embargo, la disponibilidad de alimentos no implica necesariamente que todas las personas tengan una ingesta adecuada; las desigualdades de ingresos y otras formas de subsistencia explican las grandes diferencias en el acceso de alimentos. La mejora dietética implica el acceso a alimentos más nutritivos como las frutas, las hortalizas, y los cereales fortificados complementado con un estilo de vida menos sedentario.

Cambios estructurales y empleo. La contribución relativa de la agricultura al PIB ha disminuido prácticamente en todos los países. La proporción de empleo agrícola también ha decrecido. La creación de ciudades rurales y pequeños núcleos urbanos han cerrado la brecha entre campo y ciudad; sin embargo, las expectativas de encontrar un empleo estable y remunerado son más bajas para los jóvenes rurales. Las pequeñas empresas no agrícolas pueden generar empleo, especialmente para los jóvenes, si se abordan las limitaciones de falta de capital y su condición institucional de informalidad.

Cambios en los sistemas alimentarios. La urbanización requiere alimentos que puedan ser procesados, transportados, almacenados y distribuidos con facilidad. Esto implica una mayor coordinación vertical a lo largo de la cadena de valor en la que se dificulta la integración del pequeño agricultor de producción primaria a un entorno de mayor intensidad de capital y conocimientos.

Desarrollo tecnológico e innovación. Producir más alimentos, alimentos sanos, y libres de plagas y enfermedades, requiere necesariamente de la investigación y la innovación como detonadores de nuevos mecanismos de los sistemas de producción, comercialización e industrialización de alimentos. Los principales temas que actualmente se están desarrollando son: agricultura de precisión, mejoramiento genético, biotecnología, entre otros. Se requiere una mayor inversión para el

impulso no sólo del desarrollo tecnológico, sino de un proceso integral para fortalecer el capital humano especializado y la transferencia integral de innovaciones y conocimiento.

2.4 El nuevo modelo de competencia

Desde mediados del siglo pasado, el cambio en gustos y preferencias de los consumidores ha ocasionado que el entorno en el que participan los agronegocios sea más inestable y exista mayor competencia, además de la presencia de una economía voluble, por lo que, en los últimos años, los agronegocios enfrentan serios retos que deben saber sortear si desean permanecer.

A continuación, se enlistan algunos retos que presentan las empresas de este sector (Caballero-García & Santoyo-Cortés, 2019):

- Se participa en mercados cada día más globalizados, aumentando así la competencia, pero también las oportunidades.
- Las exigencias de los consumidores va en aumento, y no únicamente en la calidad interna del producto, sino también en aspectos visuales como los empaques, estos deben ser cada vez más atractivos, una mejor calidad en el servicio, precios más accesibles, y con soluciones apropiadas según sus necesidades y adaptadas a sus circunstancias de vida.
- Las relaciones entre los clientes y las empresas han cambiado, a causa del creciente impacto de las innovaciones tecnológicas, vislumbrando así nuevas oportunidades para la creación de valor y la existencia de paradigmas de gestión entre los clientes y la empresa.
- Los cambios acelerados en innovación tecnológica hacen que cada vez sea más difícil mantener el liderazgo en innovación, el ritmo de actualización deber aumentar a tasas cada día más aceleradas y en muchos casos han dejado a diversas empresas hundidas en el pasado debido a que todavía utilizan métodos de investigación y desarrollo obsoletos, puesto que no gestionan sus relaciones con clientes, socios y proveedores.
- A diferencia del pasado, en la actualidad, el capital intelectual es más valioso que el capital físico o financiero y son los empleados quienes se convierten

en los verdaderos “capitalistas”, en un mundo donde el talento y el conocimiento son factores determinantes del éxito.

- La crisis ambiental cada día tiene mayor peso en todas las áreas de la vida y sobre todo en las cadenas productivas, por lo que se vuelve casi obligatorio impulsar la transformación de los sistemas de producción tradicionales y las zonas productoras típicas a las nuevas condiciones climáticas, con las exigencias pertinentes, demandando semillas tolerantes a plagas y enfermedades y menos requerimientos de agua, entre otras características.

2.5 Análisis del mercado

El trabajo de mejoramiento genético que realiza Chapingo se lleva a cabo en ocho estados diferentes en cultivos como el café en Huatusco, Veracruz, el maíz en Oaxaca, la chirimoya (*Annona cherimola*) en Morelia, Michoacán, el arándano y tomate de cáscara en Guadalajara, Jalisco, el frijol, el nopal y la guayaba en Zacatecas, Zac. y la nochebuena, tagetes, papa, tomate, calabacitas, tomate de cáscara, chile manzano y algunos portainjertos que se trabajan en Texcoco, Edo. de México.

A continuación, en el cuadro 12 se muestra la superficie sembrada por estados, como un indicador del potencial de mercado para las semillas que se generan en cada centro de investigación de la UACH.

Cuadro 12. Potencial de mercado para las semillas generadas en los diferentes centros de investigación de la UACH.

Cultivo	Centros de investigación	Superficie sembrada (h)
Aguacate	Estado de México	13,123
<i>Arándano</i>	Jalisco	2,327
Café	Veracruz	144,670
<i>Calabacita</i>	Estado de México	947
Cempasúchil	Estado de México	90
Chile manzano	Estado de México	40
<i>Chirimoya</i>	Michoacán	11
<i>Crisantemo</i>	Estado de México	2,591
Dalia	Estado de México	
Frijol	Zacatecas	618,224
Guanábana		
<i>Guayaba</i>	Zacatecas	1,738
Nochebuena	Estado de México	20
Nopal	Zacatecas	514
Maíz	Oaxaca	6,904,042
<i>Papa</i>	Estado de México	5,514
Portainjerto de aguacate	Estado de México	13,123
Tomate de cáscara	Jalisco y Estado de México	4,980 y 2,521 respectivamente
<i>Tomate rojo</i>	Estado de México	1,550

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP, 2023 y SNICS, 2023.

Se muestran en cursivas aquellos cultivos que cuentan con registro en el catálogo nacional de variedades vegetales (CNVV), lo cual es un requisito indispensable para las variedades que ingresan al proceso de calificación de semillas por el SNICS.

III. El modelo de negocio

A continuación, en la figura 20 se presentan los aspectos del modelo de negocios propuesto.

8.ASOCIACIONES CLAVE: 1. Asociaciones con otros centros públicos de investigación (Colpos, INIFAP) 2. Asociación productores agrícolas. 3. Asociación con empresas productoras y beneficiadoras de semillas. 4. Alianza con gobiernos estatales y federal.	7.ACTIVIDADES CLAVE Para este modelo de negocios se plantean tres actividades clave: 1. Solución de problemas. 2. Producción. 3. Administración. 4.RELACIONES CON CLIENTES: Directa e individualizadas con esquemas de ganar-ganar.	2.PROPOSTA DE VALOR: Semilla original, básica y registrada adecuadas y certificadas.	6.RECURSOS CLAVE: Físicos, económicos e intelectuales. 3.CANALES: Web, redes sociales y marketing directo.	1.SEGMENTOS DE MERCADO: Empresas productoras de semillas certificada de los cultivos que la UACH registra.
9. ESTRUCTURAS DE COSTOS El costo que se utilizará para definir el precio de bien público para las semillas serán los costos directos y necesarios para la producción de semillas. El resto de los costos, los indirectos, serán cubiertos por el presupuesto público asignado a la universidad.		5.FUENTES DE INGRESOS: Los ingresos que genera el modelo de negocios están dados por el precio por kilogramo fijado para la semilla multiplicado por el volumen vendido.		

Figura 20. Modelo de negocios propuesto.

Fuente: Elaboración propia

3.1 Segmento de mercado: Empresas productoras de semillas certificada de los cultivos que la UACH registra.

3.2 Propuesta de valor: Semilla original, básica y registrada adecuadas y certificadas.

3.3 Canales de comunicación, distribución y venta: Web, redes sociales y marketing directo.

3.4 Relación con los clientes: Directa e individualizada, con esquemas de ganar-ganar.

3.5 Recursos clave: financieros, físicos, económicos e intelectuales.

Son los recursos financieros, físicos, económicos, intelectuales o humanos que tiene la UACH para desarrollar y presentar la propuesta de valor del modelo, incursionar en el mercado meta, establecer relaciones exitosas con los distintos segmentos de mercado y además percibir ingresos. Estos tipos de recursos se indican a continuación:

Recursos financieros. La UACH cuenta con un presupuesto público y generación de recursos propios para cubrir los costos fijos de salarios investigadores, trabajadores de campo y administrativos, así como los gastos asociados a la operación y mantenimiento esencial de sus instalaciones. Lo que le permite contar con una posición competitiva para a la generación y multiplicación de variedades.

Recursos humanos. Chapingo cuenta con un conjunto de investigadores de diferentes disciplinas y especialidades que contribuyen al éxito del modelo; así como estudiantes de posgrado, trabajadores administrativos y de campo que contribuyen y dan apoyo a las diferentes actividades de los DEIS que conforman la universidad. Todos los investigadores, alumnos y personal administrativos y de campo asociados al programa de licenciamiento y empleados de Chapingo son clave para lograr los objetivos de este modelo de negocio.

Recursos físicos. Entre los recursos físicos con lo que cuenta Chapingo se dispone de campos experimentales con instalaciones para la producción agrícola, maquinaria y equipo agrícola laboratorios de análisis de calidad de semillas y evaluación agroindustrial, planta de beneficio de semillas, bancos de germoplasma y vehículos de transporte.

Recursos intelectuales. En los recursos intelectuales se encuentran los derechos de autor, las patentes, títulos de obtentor de variedades vegetales y marca Chapingo.

3.6 Actividades clave

Las actividades claves son las acciones prioritarias, que se deben llevar a cabo para el correcto desarrollo del modelo de negocio y el éxito del negocio. Al igual que los recursos clave, las actividades clave son imprescindibles para crear una propuesta de valor exitosa, preservar una buena relación con los clientes y mejorar los ingresos del modelo. Las actividades claves asociadas al modelo son las siguientes:

1. Solución de problemas. Son las actividades que permiten buscar y ofrecer soluciones para los problemas específicos de los clientes. A través de acompañamiento técnico en la producción de semillas, servicios de capacitación en

temas específicas en la producción y beneficio de semillas, refrescamiento o desarrollo de variedades con características específicas.

2. Producción. Son actividades relacionadas a la producción, beneficio y distribución de las semillas.

Entre ellas tenemos la suscripción del contrato de compraventa de semillas, multiplicación de semilla básica necesaria, contrato con los productores agrícolas para la multiplicación de la semilla, comprar y contar en tiempo con los insumos necesarios para la producción y el envasado de la semilla y contar con un programa de mejoramiento genético continuo, registro de las nuevas variedades desarrolladas.

3. Administración. Son actividades relacionadas la promoción y contratación de los servicios ofrecidos. Entre ellas se encuentran la suscripción del contrato de compraventa de semillas, la implementación del plan de marketing, el manejo de los recursos generados y la contratación oportuna del personal de campo requerido.

3.7 Socios clave

Los socios clave en el modelo de negocios planteado son los aliados que le ayudarán a Chapingo a alcanzar los objetivos y que la estrategia tenga éxito. Las asociaciones identificadas como fundamentales para este objetivo son de carácter público y privado. Al crear buenas alianzas para Chapingo, aumentarán su probabilidad de éxito y crecerán sus ingresos. Los socios clave permitirán obtener diferentes beneficios, así como mejorar el funcionamiento del modelo de negocio. Los aliados ayudaran a destacar en el mercado, superar a la competencia y mejorar los ingresos. Por lo que es esencial realizar alianzas con proveedores, *joint ventures*, empresas, gobierno, etc.

Recordemos que el socio también busca sus propios beneficios, siendo una relación de ganar-ganar, para lo cual deben ofrecerse beneficios mutuamente. Entre los beneficios que se tendrán, están los siguientes:

- Poseer un novedoso “*know how*”.

- Minimizar riesgos e incertidumbres.
- Optimizar las economías de escala.
- Comprar activos y recursos.
- Compartir conocimientos y recursos humanos.
- Expandir el negocio.
- Dividir los costos.
- Mejorar las ganancias.

Estos son los tipos de socios clave que se proponen para la UACH:

1. Asociaciones con otros centros públicos de investigación. Se establecerán alianzas con otros centros públicos que generan semillas de las especies en común, en primer término, con el INIFAP y el Colegio de posgraduados, lo que permitirá traer beneficios a los clientes y al sector en lo general. Esto ayuda a reducir costos y tiempos de desarrollo de nuevas tecnologías e integrar equipos de investigadores para el desarrollo de tecnologías; compartir desarrollos tecnológicos, equipos de investigadores, campos experimentales, germoplasma, líneas de semillas, equipo de laboratorio; y crear nuevas semillas en conjunto para las exigencias del mercado.

2. Asociaciones con productores agrícolas. Se establecerán alianzas con productores agrícolas para la multiplicación de semillas, aprovechando así su experiencia y sus terrenos agrícolas.

Considerando a estos productores como proveedores clave, ya que le ayudarán a obtener recursos y conocimientos. Ayuda a reducir costos y ampliar la capacidad de producción para la multiplicación de los volúmenes de semillas demandadas por el mercado.

3. Asociaciones con empresas productoras y beneficiadoras de semillas. Son alianzas con empresas que cuentan con el mercado, la logística e infraestructura para la producción, beneficio y distribución de semilla certificada. Esta asociación

estratégica busca ofrecer un servicio complementario y la semilla de variedades en el mercado o generar nuevas variedades para atender las necesidades específicas de los nichos identificados.

4. Alianzas con gobiernos estatales y federal. Las alianzas con instituciones gubernamentales y gobiernos estatales son fundamental, sobre todo con aquellos que fomentan y apoyan con semillas de calidad. Lo que permitiría integrar y atender programas de abasto de semillas, con estrategias claras y volúmenes y variedades claramente identificados. Pueden traer aportes a la UACH de tipo financiero, promoción, o convertirse en sus clientes o aliados más importante.

Establecer una asociación estratégica con diferentes áreas de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, responsable de apoyos directos a los productores, apoyo para asistencia técnica, brindar financiamiento, protección intelectual y la certificación de semillas; son fundamentales por el aporte social que tiene la misión del Chapingo. Destaca la alianza con el SNICS que permitirá conocer los volúmenes de semillas certificado de las variedades de la UACH.

3.8 Estructura de costos

Al ser la UACH un centro público de enseñanza e investigación, el costo que se utilizará para definir el precio de bien público para las semillas serán los costos directos y necesarios para la producción de semillas. El resto de los costos, los indirectos, serán cubiertos por el presupuesto público asignado a la universidad.

Los costos directos obligatorios, son aquellos costos directamente relacionados con la multiplicación de la semilla básica y registrada de las diversas variedades que involucra la propuesta de valor. Eso incluye las materias primas y los costos de producción (mano de obra, insumos agrícolas, combustibles, costales, etiquetas y certificación de la semilla por el SNICS, otros). Los costos obligatorios promedio por hectárea para la producción de semilla alcanzan 30,816 pesos con un rendimiento de 2.5 toneladas; que representa un costo de \$12.3 pesos por kilogramo.

3.9 Fuente de ingresos

Los ingresos que genera el modelo de negocios están dados por el precio por kilogramo fijado para la semilla, multiplicado por el volumen vendido.

IV. Análisis financiero

Para determinar el total de recursos a ser invertidos para que el negocio comience a funcionar, se debe sumar el capital de trabajo necesario para la primera producción de semilla básica y registrada. Este capital de trabajo está integrado por los costos fijos y variables o directos necesarios para la producción de semillas, los costos fijos ya están cubiertos por los recursos fiscales asignados a la UACH y los costos variables directos están en función del volumen requeridos de semilla, estos costos directos pueden ser financiados por un capital semilla por parte de la SADER o recursos propios de Chapingo.

Una vez iniciado el proceso de venta de semilla, previo contrato con la empresa semillera solicitante, iniciará el flujo de recursos a la UACH para la autosuficiencia del programa de licenciamiento.

El plan de negocios al estar enfocado a recuperar una cuota de regalías por cada kilo de semilla de alta genética: básica y registrada de la UACH que se comercialice, bajo la premisa de contar con un contrato de producción venta previo con las empresas productoras de semilla de frijol, es viable desde el punto de vista financiero, de conformidad al siguiente indicador

$$\text{Rentabilidad} = \text{Utilidad} \times 100 / \text{Inversión Total}$$

Es un indicador que mide el retorno del capital invertido. Se calcula dividiendo la utilidad líquida por la inversión inicial o total. La rentabilidad permite comparar con las tasas actuales pagadas por el dinero en el mercado financiero.

La rentabilidad de la venta de cada kilo de semilla considerando la utilidad igual al precio y la inversión por kilo a los costos directos asociados, rentabilidad mayor del 200% respecto a la inversión.

V. Plan operativo

La implantación del modelo de negocios para este primer año implica las siguientes actividades y calendario (Figura 21):

ACTIVIDAD/MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Catálogo de productos									
Promoción directa y redes sociales									
Firma de contratos con semilleros									
Producción de semilla									
Venta de semilla									

Figura 21. Calendario de actividades para la implementación del modelo de negocios.

Fuente: Elaboración propia.

VI. Conclusión

Este modelo de negocio permitirá posicionarse e incrementar la vinculación de los resultados e investigación de la UACH con los productores de semilla, y generar recursos propios para el autofinanciamiento del programa de trabajo de los diferentes programas de mejoramiento de la UACH.

6 CONCLUSIONES

Tras analizar el papel que desempeñan las semillas mejoradas en la agricultura nacional, se concluye que existe una fuerte asociación entre la tecnología de la semilla que se utiliza, con el rendimiento obtenido en campo, esto es especialmente importante porque ante un escenario en el cual se exige mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales, es prioritario configurar recursos que potencien la productividad para abastecer la demanda creciente de alimentos.

Los cereales en México se cultivan bajo un modelo de agricultura extensiva; el cual se caracteriza por un bajo uso de innovación tecnológica, incluyendo semillas mejoradas. Dadas las características de este modelo, se explica que la producción de cereales en México haya decrecido en las últimas décadas al disminuir la superficie cultivada.

Pese a lo anterior, se apreció una tendencia creciente en la variable productividad en el 60 % de los cultivos analizados, sin embargo, el abasto de semillas mejoradas aún es insuficiente para atender las necesidades de semillas en todas las regiones productivas de México, tanto en cantidad como en diversidad de cultivos.

El Sistema Formal de Semillas (SFS) abastece más del 85 % de las semillas mejoradas que se utilizan en México. Los actores del SFS operan bajo un esquema bien estructurado con roles definidos en lo particular.

Sin embargo, se encontró que existen divergencias de interés entre los fitomejoradores y las necesidades de los pequeños y medianos productores, y dado que la innovación y desarrollo de variedades es muy costosa, se suele excluir a estos productores de las estrategias elaboradas para introducir y diseminar las variedades mejoradas, lo que puede ocasionar que los planes de lograr la independencia agroalimentaria basados en la introducción de materiales mejorados fallen.

Las implicaciones asociadas a la estrechez del eslabón de proveeduría, específicamente de la actividad del fitomejoramiento, recae en un abasto deficiente

por variedad y cantidad de mejoras que se necesitan en campo y no están disponibles para el productor.

Ante tal escenario, se vuelve cada vez más urgente la importancia de crear nuevas estrategias para transferir las tecnologías de gaveta generadas por las instituciones públicas al productor. Por ello, los actores institucionales del sector agropecuario deben consolidar su participación, coordinar acciones y gestionar el conocimiento que atienda a las demandas actuales de los productores e impulse la innovación y el desarrollo de los sistemas productivos.

7 LITERATURA CITADA

- Aboites Manrique, G. (2020). *Empresarios de la industria semillera en México* (Pergamino Editora, Ed.; Primera edición, Vol. 1). Universidad Autónoma de Coahuila.
- Aboites Manrique, G., Martinez, F., & Torres, G. (1999). El negocio de la producción de semillas mejoradas y su rol en el proceso de privatización de la agricultura mexicana. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, 5(16), 151–185.
- Acquaah, G. (2012). *Principles of Plant Genetics and Breeding* (L. John Wiley & Sons, Ed.; 2nd ed.). Wiley-BlackWell.
www.wiley.com/go/acquaah/plantgeneticsandbreeding
- Agrosíntesis. (2019, marzo 8). *La industria de la soya en México*. La industria de la soya en México. http://www.oleaginosas.org/art_683.shtml
- ANOVE. (2022, mayo 25). *Congreso Internacional de Semillas en Barcelona*. La semilla como punto de partida de la cadena agroalimentaria. <https://anoveblog.es/congreso-internacional-de-semillas-en-barcelona-2/>
- Arenas Calle, W. C., Cardozo Conde, C. I., & Baena, M. (2015). Análisis de los sistemas de semillas en países de América Latina. *Acta Agronomica*, 64(3). <https://doi.org/10.15446/acag.v64n3.43985>
- Bobadilla Meléndez, M., Gámez Vázquez, A. J., Ávila Perches, M. A., García Rodríguez, J. J., Espitia Rangel, E., Moran Vázquez, N., & Covarrubias Prieto, J. (2013). Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(7), 973–985.
- Branca, G., Cacchiarelli, L., Cardona, C. A., Félix, E., Gianvenuti, A., Kojakovic, A., Maltoglou, I., Martchamadol, J., Rincon, L., Rossi, A., Seghetti, A., Steierer, F., Thofern, H., Thulstrup, A., Tolli, M., & Valencia, M. (2014). *Bionergía y Seguridad Alimentaria*.

- Brenes, E. R., Ciravegna, L., & Acuña, J. (2020). Differentiation strategies in agribusiness – A configurational approach. *Journal of Bussines Research*, 119, 522–539. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.048](https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.048)
- Caballero-García, M. A., & Santoyo-Cortés, V. H. (2019). *Agronegocios. Desafíos, estrategias y modelos de negocio*. (1a ed., Vol. 1). Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM.
- Cadet-Díaz, S., & Guerrero-Escobar, S. (2018). Factores que determinan los rendimientos de la producción de maíz en México: Evidencia del censo agropecuario 2007. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(3), 311–337.
- Camarena Mayta, F., Chura Chuquija, J., & Blas Sevillano, R. H. (2014). *Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas*.
- Costa Climent, R., & Haftor, D. M. (2021). Value creation through the evolution of business model themes. *Journal of Bussiness Research*, 122(C), 353–361. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.007>
- De los Santos-Ramos, M., Romero-Rosales, T., & Bobadilla-Soto, E. E. (2017). Dinámica de la producción de maíz y frijol en México de 1980 a 2014. *Agroonomía Mesoamericana*, 28(2), 439. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23608>
- Desalegn, A. (2017). Review on Impact of Plant Breeding in Crop Improvement, Ethiopia. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 3(9). <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0309005>
- Domínguez, G. I. A. (2021). *Políticas públicas en materia de producción, certificación y comercio de semillas*. Centro de Investigaciones Economicas, Sociales y Tecnologicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial.
- Domínguez-García, I. A., Altamirano-Cárdenas, J. R., Barrientos-Priego, A. F., & Ayala-Garay, A. V. (2019). Analisis del sistema de produccion y certificacion de semillas en Mexico. *Revista Fitotecnía Mexicana*, 42(4), 347–356.

- Donnet, L., López, D., Arista, J., Carrión, F., Hernández, V., & González, A. (2012). *El potencial de mercado de semillas mejoradas de maíz en México*.
- Escárraga, L., Axayácatl Cuevas, J., Baca del Moral, J., & Gómez, T. (2021a). Los contrastes entre el sistema formal e informal de semillas en México: una revisión crítica. *Revista de Geografía Agrícola*, 66, 199–216. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2021.66.09>
- Escárraga, L., Axayácatl Cuevas, J., Baca del Moral, J., & Gómez, T. (2021b). Los contrastes entre el sistema formal e informal de semillas en México: una revisión crítica. *Revista de Geografía Agrícola*, 66, 199–216. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2021.66.09>
- Espinoza, A., Sierra Macías, M., & Gómez Montiel, N. (2003a). Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 117–121. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43714116>
- Espinoza, A., Sierra Macías, M., & Gómez Montiel, N. (2003b). Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 117–121. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43714116>
- FAO. (2011). *Seguridad Alimentaria y Nutricional, Conceptos Básicos*.
- FAO. (2015a). *La guía voluntaria para la formulación de políticas nacionales de semillas*. www.fao.org/publications
- FAO. (2015b). *Perspectivas por sectores principales*. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s08.htm>
- Ferro Valdés, E. M., Geada López, G., Morejón García, M., Gigato Toledo, A., & Martínez Maqueira, Y. (2023). Incongruencia entre actores del sistema de semillas de maíz: un riesgo para el desarrollo local. *COODES*, 11(1), 525. <https://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes/article/view/525>

- Flores-Cruz, L. A., & Alberto García-Salazar, J. (2016). Benefits of adoption of improved maize seed in the Puebla central region. En *Nota Científica Rev. Fitotec. Mex* (Vol. 39, Número 3).
- Flores-Cruz, L. A., & García-Salazar, J. A. (2016). Beneficios de la adopción de semilla mejorada de maíz en la región central de Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3), 277–283.
- García-Salazar, J. A., & Guzmán-Soria, E. (2015). Factores affecting market demand of crop-improved corn seed in Mexico. *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex*, 38(3), 319–327.
- Gear, J. R. E. (2006). *El cultivo del maíz en la Argentina*. In *Maíz y Nutrición: Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal*. www.cropcomposition.org
- Grant, R. M., & Jordan, J. (2015). The concept of strategy. In *Foundations of Strategy*. En *Foundations of strategy* (second edition, pp. 1–309). Wiley.
- Gutman, G. E., & Lavarello, P. (2007). Biotecnología y desarrollo. Avances de la agrobiotecnología en Argentina y Brasil. *Economía: Teoría y Práctica*, 27, 5–35.
- Hazell, P. B. R. (2009). *The Asian Green Revolution*. www.ifpri.org/millionsfed
- Huang, J., & Rozelle, S. (2009). *Desarrollo agrícola y nutrición: las políticas que han favorecido el éxito de China*.
- IHS Markit. (2021). *Featured Insight Sector Briefings | Powered by Phillips McDougall*.
- INEGI. (2019). *Uso de semillas mejoradas*. Encuesta Nacional Agropecuaria. <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/607/variable/V7080>
- Institut cerdà. (2021). *Aportación social, económica y ambiental del sector obtentor en España*.
- ISF, I. S. F. (2020). *ABC de los Recursos Genéticos Vegetales*.

- Keller, L. F., & Waller, D. M. (2002). Inbreeding effects in wild populations. *TRENDS in Ecology & Evolution*, 17(5), 230–241. [http://tree.trends.com0169-5347/02/\\$-see frontmatter](http://tree.trends.com0169-5347/02/$-see frontmatter)
- Lence, S. H. (2010). The Agricultural Sector in Argentina: Major Trends and Recent Developments Major Trends and Recent Developments. En I. S. U. A. I. The Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center (Ed.), *Cap 14 The Shifting Patterns of Agricultural Production and Productivity Worldwide*. (pp. 409–448).
- Louwaars, N. P., & De Boef, W. S. (2012). Integrated seed sector development in Africa: A conceptual framework for creating coherence between practices, programs, and policies. *Journal of Crop Improvement*, 26(1), 39–59. <https://doi.org/10.1080/15427528.2011.611277>
- Magalhaes, E., & Xinshen, D. (2009). *Productivity Convergence in Brazil: The Case of Grain Production*. www.ifpri.org/pubs/otherpubs.htm#dp.
- Martínez Salvador, L. (2016). Seguridad alimentaria, autosuficiencia y disponibilidad del amaranto en México. *Revista Problemas del Desarrollo*, 186(47), 107–133. <http://probdes.iiec.unam.mx>
- Massa, L., Tucci, C. L., & Afuah, A. (2017). A Critical Assessment of Business Model Research. *The Academy of Management Annals*, 1(11), 73–104. <https://doi.org/10.5465/annals.2014.0072>
- Morales, R. (2022, noviembre 14). Productividad de maíz en México. *Productividad de Maíz en México*. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/En-maiz-Mexico-se-estanca-en-productividad-20221113-0083.html>
- Morris, M., Schindehutte, M., & Allen, J. (2005). The entrepreneur's business model: Toward a unified perspective. *Journal of Business Research*, 58(6), 726–735. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2003.11.001>

- Munyi, P., & De Jonge, B. (2015). Seed systems support in Kenya: Consideration for an integrated seed sector development approach. *Journal of Sustainable Development*, 8(2), 161–173. <https://doi.org/10.5539/jsd.v8n2p161>
- Netto Parentoni, S., Augusto de Miranda, R., & Carlos Garcia, J. (2013). Implications on the introduction of transgenics in Brazilian maize breeding programs. En *Crop Breeding and Applied Biotechnology* (Vol. 13).
- Oropeza Martínez, H. (2008). *La agricultura: economía, administración y costos* (1a ed., Vol. 1). Trillas.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2011). *Generación de modelos de negocios*.
- Padilla Pérez, R., & Oddone, N. (2016). *Ramón Padilla Pérez Nahuel Oddone*.
- Perelmuter, T. (2020). Gobernanza global de las semillas. Complementariedades y conflictos entre lo ambiental, la propiedad intelectual y el libre comercio. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 28, 105. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.28.2020.4304>
- Pérez de Castro, A., & Diez, M. (2013). 25 años en la mejora genética para resistencia a plagas y enfermedades. *Phytoma*, 248, 10–15.
- Quiñonez Zúñiga, C. (2019). Construcción participativa de modelos de negocios en organizaciones rurales. *Telos*, 21(3), 776–794. <https://doi.org/https://doi.org/10.36390/telos213.14>
- Rivera de la Rosa, A. R., Ortiz Pech, R., Araújo Andrade, L. A., & Amílcar Heredia, J. (2014). México y la autosuficiencia alimentaria (sexenio 2006-2012). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 33–49.
- Rojas Rojas, M. E., Valencia Sandoval, K., & Ybarra Moncada, Ma. C. (2023). *Competitividad en las cadenas de valor agroalimentarias: conceptos y herramientas metodológicas* (Primera edición, Vol. 1). Plaza y Valdés.
- Rosegrant, M. W., Sulser, T. B., & Rowena, A. V.-S. (2015). Global Markets and Sustainable Agricultural Development: Lessons from Brazil. *Draft paper for*

presentation to the International Workshop on Transforming Tropical Agriculture: An Assessment of Major Technological, Institutional and Policy Innovations,. <https://www.researchgate.net/publication/252612542>

Saavedra Del Real, G. (2012). *Desafíos del mejoramiento genético en hortalizas agroindustriales*.

SADER. (2020a). *Comportamiento del PIB Agroalimentario al tercer trimestre de 2020*.

SADER. (2020b). Programa Nacional de Semillas 2020-2024. En *Programa Nacional de Semillas*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616553/PROGRAMA_Nacional_de_Semillas_2020-2024baja.pdf

SADER. (2020c). *Programa sectorial de agricultura y desarrollo rural 2020-2024*.
<https://www.gob.mx/agricultura/documentos/programa-sectorial-de-agricultura-y-desarrollo-rural-2020-2024>

SADER. (2020d). Programas_de_abasto_Frijol. En *Programa de abasto de frijol*.

Santillán-Fernández, A., Santoyo-Cortés, V. H., García-Chávez, L. R., & Covarrubias-Gutiérrez, I. (2014). Dinámica de la producción cañera en México: periodo 2000 a 2011. *Agroproductividad*, 7(6), 23–29.

Sistema de Información Económica. (2022). *Importaciones último trimestre 2022*. Importaciones totales.
<https://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=1&accion=consultarCuadro&idCuadro=CE49&locale=es>

SNICS. (2021). *Política Nacional de Semillas*.

Sturzenegger, A. C., & Salazni, M. (2007). *Distortions to Agricultural Incentives in Argentina*.

- Turrent Fernández, A., Wise, T. A., & Garvey, E. (2012). *Reporte 24: Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México*. <http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/wp/12->
- UACH. (2023). *Misión y visión* . Chapingo.mx.
- Uzcanga Pérez, N. G., Larqué Saavedra, B., Del Ángel Pérez, A. L., Rangel Fajardo, M. A., & Cano González, A. de J. (2017). Preferencias de los agricultores por semillas mejoradas y nativas de maíz en la Península de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 1021–1033.
- Vallejo Cabrera, F. A. (1988). Mejoramiento y producción en semillas mejoradas en tomate. En *Mejoramiento y producción de semillas mejoradas en tomate Lycopersicon esculentum Mill.* (1a ed., Vol. 1, pp. 33–40). ASIAVA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/11650>
- Velasquez, L. (2021, junio 24). *Tipos de agricultura*. Arriba el campo.com. <https://arribaelcampo.com.mx/>
- World Bank. (2006). *Argentina Agriculture and Rural Development: Selected Issues*.