



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

MAESTRIA EN CIENCIAS EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES

IMPACTO DE LA LEY FEDERAL PARA EL FOMENTO Y PROTECCIÓN DEL MAÍZ NATIVO, EN LA PRODUCCIÓN DEL MAÍZ BLANCO EN MÉXICO

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

EDER CARLOS ENRIQUE HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

Bajo la supervisión de: **ABEL PÉREZ ZAMORANO, DR.**



APROBADA



Chapingo, Estado de México, noviembre de 2022

IMPACTO DE LA LEY FEDERAL PARA EL FOMENTO Y PROTECCIÓN DEL
MAÍZ NATIVO, EN LA PRODUCCIÓN DEL MAÍZ BLANCO EN MÉXICO

Tesis realizada por **EDER CARLOS ENRIQUE HERNÁNDEZ 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

DIRECTOR:


Dr. ABEL PÉREZ ZAMORANO

ASESOR:


Dr. JOSÉ DE JESÚS LÓPEZ REYNOSO

ASESOR:


M.C. FRANCISCO GARCÍA FIGUEROA

CONTENIDO

1	Introducción General	1
1.1	Planteamiento del problema.....	2
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivo	3
1.4	Hipótesis	3
1.5	Contenido de la tesis.....	3
2	Revisión de Literatura	4
2.1	Una breve reseña de la historia de México y sus primeras instituciones. ..	4
2.2	Caracterización del maíz.....	5
2.2.1	Maíces nativos, maíz blanco y amarillo	7
2.2.2	Maíces híbridos y maíces transgénicos (OGM)	8
2.3	Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	10
2.4	México: su estrategia para el desarrollo económico y agrario.....	10
2.4.1	Estrategias de desarrollo económico.....	11
2.4.2	Thomas Malthus y la producción de alimentos	12
2.4.3	¿Que fue la Revolución Verde? y ¿Cuál fue su impacto en el campo mexicano?.....	12
2.4.4	Revolución Verde: ¿Solución a los problemas de producción del campo?	13
2.4.5	Principales empresas transnacionales comercializadoras de agroquímicos y semillas en México.....	15
2.5	Instituciones y cambio institucional	16
2.5.1	Ley natural vs. ley humana.....	17
2.5.2	¿Economía institucional original (EIO) o Nueva Economía Institucional (NEI)?	18
2.5.3	Diferencias entre instituciones y organizaciones: dos conceptos que no debemos confundir.....	18
2.5.4	Instituciones Jurídicas Protectoras del maíz en México	19
2.5.5	Organizaciones relacionadas al maíz en México.....	19
2.5.6	Un científico mexicano que hizo grandes aportaciones a la economía institucional: Dr. José Luis Ayala Espino.....	20
2.5.7	Una cronología de la defensa del maíz en México	21
2.6	¿Cuál es el objeto de la LFFPMN?	24

2.7	Literatura citada	26
3	Instituciones y su impacto en la producción agrícola en México: caso del maíz blanco.....	29
	Resumen	29
	Abstract.....	30
3.1	Introducción.....	31
3.2	Materiales y métodos	34
3.3	Resultados	40
3.4	Discusión.....	45
3.5	Conclusiones.....	47
3.6	Literatura citada	48
4	Conclusiones generales	49
	Apéndices.....	52

Lista de cuadros

Cuadro 1. Complejos raciales y sus variedades de maíz nativo en México.	9
Cuadro 2. Síntesis de la cronología de la defensa del maíz (Rivero, 2020).	21
Cuadro 3. Variables utilizadas para el análisis gráfico comparativo.	35
Cuadro 4. Variables utilizadas en el cálculo de las TCMA.	35
Cuadro 5. Variables utilizadas en el modelo de regresión.	36
Cuadro 6. Razonamiento lógico para obtener la variable P_SS_USM.	39
Cuadro 7. Tasas de crecimiento media anual (TCMA).	43
Cuadro 8. Estimadores del modelo de regresión.	44

Lista de figuras

Figura 1. Inflorescencia masculina de maíz.	6
Figura 2. Inflorescencia femenina de maíz.	6
Figura 3. Población de plantas de maíz nativo.	8
Figura 4. Población experimental de maíz híbrido.	8
Figura 5. Mapa del uso de semilla mejorada de maíz en México.	34
Figura 6. Producción de maíz y población en México periodo 1961-2020.	40
Figura 7. Volumen de producción y superficie sembrada de maíz en México de 1980-2020.	41
Figura 8. Rendimiento y superficie sembrada con maíz en México de 1980-2020.	42

Lista de apéndices

Apéndice. 1 Serie de datos Utilizados para elaboración de la figura 6.	52
Apéndice. 2. Datos utilizados para elaboración de figuras 7-8 y cálculo de las TCMA (cuadro 3).	53
Apéndice. 3 Base de datos del modelo y fuentes de obtención.	54
Apéndice. 4 Script del modelo en R	55
Apéndice. 5 Salida del modelo en R	56

Abreviaturas Utilizadas

Abreviatura	Significado
CDB	Convenio de Diversidad Biológica de Naciones Unidas.
CIBIOGEM	Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (sustituye a la CNBA).
CNBA	Comisión Nacional de Bioseguridad Agrícola
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONASUPO	Compañía Nacional de Subsistencias Populares
CPEUM	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
EIO	Economía Institucional Original
EUA	Estados Unidos de América
FAO	Organización de la Agricultura y la Alimentación
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
ISI	Industrialización por sustitución de importaciones
LBOGM	Ley de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados.
LFFPMN	Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo
NEI	Nueva Economía Institucional

ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
OGM	Organismos Genéticamente Modificados
RV	Revolución Verde
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
SEMARNAT	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte.
U.A.Ch.	Universidad Autónoma Chapingo.
VAR	Variedades de Alto Rendimiento

DEDICATORIAS

A mis queridos padres Martha y Juan por su apoyo incondicional en cada etapa de
mi vida.

A mis amados hijos Eder y Elinor, fuente de mi inspiración y motivo de vida.

A mi esposa Luz y a nuestra familia.

A mi querido hermano Leonel, a su esposa Areli, y a sus pequeños Leonel y
Valeria

A mi hermana Brisa y a su pequeña Fátima.

A mi maestro de universidad Gumesindo y a su esposa por todo el apoyo que me
brindaron para hoy estar en un posgrado.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi más profundo agradecimiento a mi país y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo recibido para los estudios de la Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, que son una parte invaluable en mi formación profesional.

A la Universidad Autónoma Chapingo (U.A.Ch.), especialmente a la División de Ciencias Económico Administrativas (DICEA) y a su claustro docente por darme las herramientas necesarias para realizar mis estudios de posgrado.

Y muy especialmente mi más profundo agradecimiento y respeto a los miembros del Comité Asesor, a mi director el Dr. Abel Pérez Zamorano por apoyarme en todo el proceso de la investigación, a mis asesores el Dr. José de Jesús López Reynoso y el M.C. Francisco García Figueroa quien estuvieron conmigo en todo momento para apoyarme con su experiencia y los cuales fueron parte fundamental para el desarrollo de la presente obra.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	Eder Carlos Enrique Hernández González.
Fecha de Nacimiento	08 de diciembre de 1982
Lugar de nacimiento	Zapopan, Jalisco.
No. cartilla militar	C-6025180
Profesión	Licenciado en informática administrativa.
Cedula profesional	11756204

Desarrollo académico

Bachillerato	Escuela preparatoria oficial No. 100.
Licenciatura	Universidad Autónoma del Estado de México

RESUMEN GENERAL

IMPACTO DE LA LEY FEDERAL PARA EL FOMENTO Y PROTECCIÓN DEL MAÍZ NATIVO, EN LA PRODUCCIÓN DEL MAÍZ BLANCO EN MÉXICO

México es considerado centro de origen del maíz, además de ocupar el primer lugar a nivel mundial en la producción de maíz blanco, el cual se destina principalmente para consumo humano. Las instituciones representan reglas a seguir establecidas por la autoridad para regular la interacción humana, estas reglas deben plantearse en favor del bien común. El uso de la tecnología que incrementa la producción agrícola y una institución que fomenta la producción y el consumo de variedades nativas de maíz, no pueden entrar en conflicto debido a que podrían traer consecuencias como es la escasez de este grano. El objetivo de la investigación fue medir el impacto en la producción de maíz blanco en México con la implementación de La Ley Federal para el Fomento y Protección al Maíz Nativo. Para tales efectos, se realizó un análisis gráfico-comparativo, contrastación de tasas de crecimiento media anual (TCMA) de la población, producción, superficie sembrada y rendimiento del cultivo de maíz. Así como un modelo de regresión lineal, estimado por mínimos cuadrados ordinarios, destacando entre otras la correlación de la variable dependiente producción y la variable independiente uso de semilla mejorada maíz (híbridos). Los resultados muestran que para el periodo 1980-2020 la TCMA de la población, producción, superficie y rendimiento fueron 1.68%, 2.01%, -0.04% y 1.87% respectivamente; por su parte el modelo de regresión determinó una elasticidad de la producción con respecto al uso de semilla mejorada de 0.8976. Se concluye que el crear una institución que desincentive el uso de semilla mejorada, disminuye en 0.8976% la producción de maíz por cada unidad porcentual de superficie que se deje de sembrar con este tipo de material.

Palabras clave: Maíz, producción, instituciones, tecnología.

GENERAL ABSTRACT

IMPACT OF THE FEDERAL LAW FOR THE PROMOTION AND PROTECTION OF NATIVE CORN ON WHITE CORN PRODUCTION IN MEXICO

Mexico is considered the center of origin of corn, in addition to occupying the first place worldwide in the production of white corn, which is mainly destined for human consumption. Institutions represent rules to be followed established by the authority to regulate human interaction, these rules must be set in favor of the common good. The use of technology that increases agricultural production and an institution that encourages the production and consumption of native varieties of corn cannot come into conflict because they could lead to consequences such as the scarcity of this grain. The objective of this research was to measure the impact on white corn production in Mexico with the implementation of the Federal Law for the Promotion and Protection of Native Corn. For this purpose, a comparative graphical analysis was carried out, contrasting average annual growth rates (AAGR) of population, production, planted area and corn crop yield. A linear regression model, estimated by ordinary least squares, was also used, highlighting among others the correlation between the dependent variable production and the independent variable use of improved corn seed (hybrids). The results show that for the period 1980-2020 the AAGR of population, production, area and yield were 1.68%, 2.01%, -0.04% and 1.87% respectively; the regression model determined an elasticity of production with respect to the use of improved seed of 0.8976. It is concluded that the creation of an institution that discourages the use of improved seed decreases corn production by 0.8976% for each percentage unit of surface that is no longer planted with this type of material.

Key words: Corn, production, institutions, technology.

Thesis, Master of Science in Agricultural and Natural Resource Economics, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Eder Carlos Enrique Hernández González

Advisor: Abel Pérez Zamorano

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

México es un país extraordinario visto desde distintas ópticas, es dueño de una gran riqueza en el ámbito cultural, histórico y gastronómico; muestra de esa riqueza cultural es “El maíz” (*Zea mays* L.), que es piedra base en la alimentación de cada habitante, además de colocar a esta nación como centro de origen y diversificación constante.

Hasta hace poco se ubicaba históricamente al maíz como un grano que tiene su origen en Guilá Naquitz una localidad que se encuentra a 5 km del pueblo de Mitla en el montañoso valle oriental de Oaxaca en México, la evolución de este cultivo se dio a través de la fusión de plantas que se desarrollaron en forma silvestre hace más de 5000 años a.C. y su antepasado más antiguo es el teocintle o teosinte que quiere decir “Dios del maíz”. Sin embargo, González (como se citó en Piperno *et al.*, 2009) refiere que nueva evidencia de fitolitos de maíz que se hallaron en el refugio rocoso Xihuatoxtla en la cuenca media del río balsas, actual Estado de Guerrero, México. A las cuales se sometió a la prueba radiocarbono demuestran una antigüedad de unos 8 mil 700 años a.C., y son, hasta ahora, las pruebas más fehacientes del origen mesoamericano del maíz y de los primeros alimentos derivados de plantas cultivadas. (p.10)

En México se concentra un gran número de razas de maíz, las cuales para su estudio se forman en grupos o complejos raciales, y en México se reconocen siete, cada grupo con sus respectivas variedades de acuerdo con la clasificación que hace la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), los cuales forman parte de nuestra alimentación y de nuestra vida diaria.

Vale la pena mencionar la importancia del legado milenario que para México representa la producción, comercialización y consumo de maíz. La cual, en su variedad blanco coloca a nuestro país como un referente a nivel mundial hablando en términos de producción. Por otro lado, de acuerdo con estimaciones de la

SAGARPA (2017) se pronosticaba que la producción de maíz alcanzaría los 34.99 (Mt) para el año 2024, según la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. (p. 2)

Debido a que México es reconocido como centro de origen del maíz, además de ocupar el primer lugar en producción a nivel mundial y ser autosuficiente alimentariamente hablando, para satisfacer la demanda de su mercado interno (en términos de maíz blanco), se debe poner atención en aquellos factores que afecten su producción. Derivado de lo anterior, el presente trabajo se enfoca en analizar y medir el impacto en la producción de maíz blanco en México; con la aprobación de la Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo [LFFPMN] (2020).

1.1 Planteamiento del problema

México es reconocido como centro de origen del maíz y ocupa el primer lugar en la producción de maíz blanco a nivel mundial; además de ser autosuficiente alimentariamente hablando, para satisfacer la demanda de su mercado interno. Se especula que la creación de una nueva institución que proteja y fomente; la producción, distribución y consumo de maíces nativos, como es el caso de la LFFPMN podría traer un impacto negativo en la producción de maíz blanco (el cual se destina principalmente al consumo humano), esto debido a que los maíces nativos presentan bajos rendimientos en términos de producción comparados con las variedades de semillas mejoradas (híbridos).

1.2 Justificación

El maíz es un grano que para México representa cultura, patrimonio e identidad. Además de colocarlo como centro de origen y diversificación constante, con un legado de casi 9,000 años de existencia. La creación de una institución que proteja y fomente el uso de variedades nativas de maíz, no puede entrar en conflicto con la tecnología que aumenta los rendimientos agrícolas, como es el caso del uso de semillas mejoradas (híbridos), debido a que impactaría negativamente en la producción y posteriormente en la disponibilidad del grano. Por los motivos anteriormente expuestos, es necesario hacer un análisis y estudio

que mida los efectos de los factores externos al campo que influyan en la producción de maíz; como es el caso del decreto que crea la LFFPMN.

1.3 Objetivo

Analizar el impacto de la aprobación de la LFFPMN, para cuantificar los efectos que tendrá en la producción de maíz blanco en México, mediante un modelo de regresión lineal, estimado por el método mínimos cuadrados ordinarios.

1.4 Hipótesis

La formalización y entrada en vigor de una institución como es el decreto que crea la LFFPMN, impactaran negativamente en el volumen de producción de maíz blanco en México, en detrimento de la seguridad y autosuficiencia alimentaria de este cultivo.

1.5 Contenido de la tesis

El presente trabajo consta de cuatro capítulos.

- El primer capítulo presenta una introducción general a la obra.
- El capítulo 2 presenta la revisión de literatura.
- En el capítulo 3 se presenta el artículo “Instituciones y su impacto en la producción agrícola en México: caso del maíz blanco”.
- El capítulo 4 presenta las conclusiones generales de la obra.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Una breve reseña de la historia de México y sus primeras instituciones.

México es un país lleno de riqueza, debido a que su tierra milenaria es casa de una gran biodiversidad. Al hablar de él, es forzoso mencionar sus tradiciones ancestrales, su cultura y su historia. El campo mexicano es cuna de hombres valientes que lucharon y defendieron la tierra que se encontraba en manos de gente extranjera que solo buscaba la explotación de su riqueza y la condena del pueblo trabajador a la pobreza; muestra de esta gente valiente fue “El caudillo del sur” Emiliano Zapata Salazar, quien a lo largo de su vida se desempeñó como campesino y militar mexicano; lo que le permitió participar activamente en uno de los sucesos más relevantes de la historia de México “La Revolución mexicana” ocupando el cargo de comandante del ejército libertador del sur y que entre sus frases célebres esta: “Tierra y Libertad”.

Dentro de los objetivos perseguidos en la Revolución mexicana y plasmados dentro del plan de Ayala por Zapata (1911), se hace alusión a que se instituya la reestructuración de la tenencia de la tierra y la mejora en la producción agrícola. Más tarde, con el derrocamiento y posterior exilio de Porfirio Díaz, se promulgo la constitución de 1917. Lo que daría inicio años después a otro acontecimiento relevante en la historia de México: “La reforma agraria” que se traduce como un conjunto de medidas legislativas, económicas y políticas que se impulsaron con el fin de modificar la estructura de la propiedad y producción de la tierra; las cuales causaron un impacto social en el México de aquel entonces (un cambio institucional profundo que fuera un parteaguas en la historia del campo mexicano).

Aquel conjunto de medidas tendientes a impulsar el desarrollo del campo mexicano plasmadas en el plan de Ayala logró que se instituyera por medio del Artículo 27 de la Constitución Política de Los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM,1917) los ideales de aquel movimiento revolucionario para cambiar la historia del campo mexicano, el cual en su párrafo primero menciona que:

La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada. (p.30)

En donde el concepto de nación hace referencia a un “conjunto de personas de un mismo origen y que generalmente hablan un mismo idioma y tienen una tradición común” (Real Academia Española, s.f., definición 3).

2.2 Caracterización del maíz

En cuanto a la siembra del maíz y sus orígenes Gómez (2011) menciona que a la fecha no se ha llegado a un acuerdo, ni a un punto de vista común referente al lugar de origen del maíz, aunque hallazgos arqueológicos hechos en cavernas de Tehuacán, Puebla en México, a los que se sometió a pruebas por el método del carbono 14 en espigas de maíz, dan indicios de que uno de los tipos de maíz primitivo que se consumía en México data de cerca de siete mil años atrás (p. 24). Sin embargo, González (como se citó en Piperno *et al.*, 2009) refiere que nueva evidencia de fitolitos de maíz que se hallaron en el refugio rocoso Xihuatoxtla en la cuenca media del río balsas, actual Estado de Guerrero, México. A las cuales se sometió a la prueba radiocarbono demuestran una antigüedad de unos 8 mil 700 años a.C., y son, hasta ahora, las pruebas más fehacientes del origen mesoamericano del maíz y de los primeros alimentos derivados de plantas cultivadas. (p.10)

El cultivo protagonista en el campo mexicano a través de milenios ha sido el maíz (*Zea mays L.*), Jugenheimer (1988) lo caracteriza como una planta de porte vigoroso y habito anual, su aspecto asemeja a una caña de azúcar; esto debido a que cuenta con la presencia de nudos y su médula esponjosa. Las raíces primarias son fibrosas presentando además raíces adventicias, es decir, que tienen forma extraña o fuera de su lugar, y su función primordial es la de mantener a la planta firme (p. 841). Por otro lado, Kato-Yamakake *et al.* (2009) menciona que el maíz es una planta monoica, es decir, que presenta flores de ambos sexos

en una misma planta, las cuales son perfectamente diferenciadas y no dan lugar al error al momento de ubicarlas. La inflorescencia masculina es terminal y en espiga: consta de un eje central o raquis y ramas a los lados.



Figura 1. Inflorescencia masculina de maíz.

Fuente: Imagen obtenida del campo experimental San Martín (U.A.Ch.) Chapingo, Estado de México (2022).

La inflorescencia femenina también llamada mazorca puede formar alrededor de 400 a 1000 granos distribuidos en hileras, los estilos largos saliendo de la punta del raquis son una masa de hilo sedoso llamado pelo de elote, y envuelto en hojas en el centro encontramos al elote tierno o también conocido como jilote (p. 21).



Figura 2. Inflorescencia femenina de maíz.

Fuente: Imagen obtenida del campo experimental San Martín (U.A.Ch.) Chapingo, Estado de México (2022).

Vinculado a la caracterización de este cultivo, Reyes (1990) menciona que: el maíz es una planta de polinización abierta (anemófila), es decir, que tiene alta propensión al cruzamiento y el polen puede viajar de 100 a 1000 m. (Corriendo también el riesgo de contaminación genética)

En cuanto al tipo de suelo y fertilizado del maíz la CIBIOGEM retoma de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos ([OCDE], 2003) que el maíz se adapta muy bien a cualquier tipo de suelo, aunque los suelos con pH entre 6 y 7 son a los que mejor se adapta, estos deben de ser ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular. Se recomienda un abonado de suelo rico en Potasio (K), Fósforo (P) y un aporte de nitrógeno (N) en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo. Aunado a esta caracterización, Lechuga y Massieu (2002) mencionan que el maíz, posee de forma intrínseca un fuerte contenido social y cultural, además de ser un grano base en la gastronomía, y su forma tradicional de consumo en México es la tortilla. (p. 281)

2.2.1 Maíces nativos, maíz blanco y amarillo

La Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo [LFFPMN] (2020) define:

Maíz Nativo: Razas de la categoría taxonómica (*Zea mays* subespecie *mays*) que los pueblos indígenas, campesinos y agricultores han cultivado y cultivan, a partir de semillas seleccionadas por sí mismos u obtenidas a través de intercambio, en evolución y diversificación constante, que sean identificadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (p.2).

De acuerdo con SAGARPA (2017), actualmente SADER, en México el maíz blanco se produce y se destina exclusivamente para el consumo humano, en virtud de su alto contenido nutricional. Asimismo, el maíz amarillo se destina para el procesamiento industrial y la alimentación pecuaria.



Figura 3. Población de plantas de maíz nativo.

Fuente: Imagen obtenida del campo experimental San Martín (U.A.Ch.) Chapingo, Estado de México (2022).

2.2.2 Maíces híbridos y maíces transgénicos (OGM)

MacRobert *et al.* (2014) menciona que un híbrido de maíz es resultado de la mejora genética de la especie, mediante la cruce de dos líneas puras de maíz, genéticamente no emparentadas, que cuenten con características deseables. Mediante esta técnica se busca: la precocidad, mejorar el rendimiento y la composición del grano, tolerancias a plagas y enfermedades, adaptación a situaciones de estrés abiótico y resistencia al acame.



Figura 4. Población experimental de maíz híbrido.

Fuente: Imagen obtenida del campo experimental San Martín (U.A.Ch.) Chapingo, Estado de México (2022).

Por otro lado, Silva (2005) menciona que un maíz transgénico u OGM resulta de la introducción de material genético de otra especie (bacterias, plantas y animales) mediante manipulaciones del ácido desoxirribonucleico o ADN que se encuentra en el núcleo de las células. De esta manera, se han creado plantas que resisten, por sí solas, el ataque de ciertas plagas, enfermedades y la aplicación de potentes herbicidas, su producción en México actualmente se encuentra en debate.

En cuanto al maíz nativo la CONABIO reconoce siete complejos raciales, con sus distintas variedades para su clasificación y estudio:

Cuadro 1. Complejos raciales y sus variedades de maíz nativo en México.

No.	Complejo racial	Variedades	
1	Cónico	Arrocillo	Mushito
		Cacahuacintle	Mushito de Michoacán
		Chalqueño	Negrito
		Cónico	Palomero de Chihuahua
		Cónico Norteño	Palomero de Jalisco
		Dulce	Palomero Toluqueño
		Elotes Cónicos	Uruapeño
		Mixteco	
2	Sierra de Chihuahua	Apachito	
		Azul	
		Complejo serrano de Jalisco	
		Cristalino de Chihuahua	
		Gordo	
3	Ocho Hileras	Mountain yellow	
		Ancho	Jala
		Blando de Sonora	Onaveño
		Bofo	Tablilla de ocho
		Bolita	Tabloncillo
		Elotes occidentales	Tabloncillo perla
		Harinoso de ocho	Zamorano amarillo
4	Dentados tropicales	Chiquito	Tepecintle
		Celaya	Tuxpeño
		Choapaneco	Tuxpeño Norteño
		Cubano Amarillo	Vandefío
		Nal-Tel de Altura	Zapalote Grande
		Pepitilla	
5	Tropicales precoces o Razas de maduración temprana	Conejo	
		Nal-Tel	
		Ratón	
		Zapalote Chico	
6	Razas de maduración tardía	Dzit-Bacal	Tehua
		Comiteco	Negro de Chimaltenango
		Coscomatepec	Quicheño
		Motozinteco	Serrano
		Olotillo	Mixeño
		Olotón	Serrano Mixe
7	Chapalote	Chapalote	
		Dulcillo del Noroeste	
		Elotero de Sinaloa	
		Reventador	

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONABIO, 2022.

2.3 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

De acuerdo con Naciones Unidas (2018) los ODS “Constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo”.

Se dividen en 17 ODS y 169 metas, para fines de la presente obra se retoman dos de los 17 objetivos:

- ODS No.2 Hambre cero: el cual pretende poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición, y promover la agricultura sostenible.
- ODS No.12 Producción y consumo responsables: el cual pretende garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

A manera de síntesis estos dos objetivos pretenden lograr que se garantice a cada habitante del planeta el derecho humano a la seguridad alimentaria (Este concepto hace referencia a que todas las personas tengan en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos, inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias, a fin de llevar una vida activa y sana). Por otro lado, estos ODS tratan de promover prácticas de producción sostenible, haciendo un uso eficiente de los recursos naturales en beneficio de la humanidad y en pro de una mejor calidad de vida.

2.4 México: su estrategia para el desarrollo económico y agrario

La influencia que Lázaro Cárdenas mantuvo en su mandato (del 1 de diciembre de 1934, hasta el 30 de noviembre de 1940) sobre el campo mexicano y su aumento en la producción agrícola dejaron una huella significativa; y sentaron las bases para lo que sería una época de bonanza en la economía mexicana que se denominaría el “milagro mexicano” o modelo de desarrollo estabilizador que forma una parte o fase del modelo de ISI (Industrialización por sustitución de importaciones).

La filosofía económica pregonada por este modelo consistió en lograr una estabilidad macroeconómica y un crecimiento económico sostenido mediante la eliminación de topes en algunas variables macroeconómicas como: la inflación, devaluaciones o el déficit en la balanza de pagos; Sacrificando las inversiones del Estado en programas de bienestar social y así fue como se logró mantener durante 3 sexenios seguidos un crecimiento económico sostenido superior al 6%, con una inflación por debajo del 3%.

Cabe mencionar que al inicio de este periodo la producción agrícola y la labranza del campo se venían dando en forma artesanal, lo que provocó que estos fueran sustituidos por un sistema de producción industrial moderno, fruto de un cambio de fondo que se gestó con la entrada en vigor de la reforma agraria, lo cual trajo consigo altos rendimientos en términos de producción para el campo mexicano en sus distintas variedades de cultivos.

2.4.1 Estrategias de desarrollo económico

De acuerdo con Monserrat y Chávez (2003) en México:

En los últimos sesenta años se han instrumentado tres estrategias económicas denominadas “Desarrollo Estabilizador”, aplicada de mediados de los años cuarenta hasta finales de los sesenta; “Desarrollo Compartido”, instrumentada de inicio de la década de los setenta hasta inicio de los ochenta; y “Crecimiento Hacia Fuera” o “Neoliberal”, de 1983 a la fecha. (p.55)

Del mismo modo, cabe mencionar que estas tres estrategias se fueron dando de manera paulatina y no necesariamente se aplicaron con el fin de dar respuesta a las necesidades económicas y sociales de una población en continuo crecimiento. Sino que, por el contrario, fueron una serie de cambios que se gestaron por inercia desde tiempo atrás con los cambios planteados por la Revolución mexicana, la reforma agraria y el mandato Cardenista.

2.4.2 Thomas Malthus y la producción de alimentos

En su obra, Schoijet (2004) retoma la idea de un maltusianismo que podía prever situaciones futuras en que efectivamente el aumento de la producción de alimentos fuera incapaz de seguir el ritmo del incremento de la población (p. 572), Por otro lado, en los años cuarenta a nivel mundial se gestó un fenómeno de tipo tecnológico, que cambiaría para siempre la visión del campo, a este fenómeno se le denominó históricamente como: “La Revolución Verde” (RV), la cual buscaba dar una solución a los problemas de producción agrícola. Sin embargo, su trasfondo afectaría a la biodiversidad mundial.

El diccionario (Real Academia Española, s.f., definición 2) nos define la palabra Revolución como: Cambio profundo, generalmente violento, en las estructuras políticas y socioeconómicas de una nación. Cambios que llegaron a contradecir las ideas planteadas por Malthus en cuanto a la producción de alimentos y la población.

2.4.3 ¿Que fue la Revolución Verde? y ¿Cuál fue su impacto en el campo mexicano?

La Revolución Verde, materializó un cambio de fondo y de forma en el campo mexicano visto desde el punto de vista de la producción. Sin embargo, este cambio profundo y violento en la labor del campo mexicano también tuvo un gran impacto en lo ecológico y en el medio ambiente. Martínez-Castro *et al.* (2019) destaca que, este cambio en la labor del campo en los años cuarenta del siglo XX provocó una dependencia tecnológica en materia agrícola en los países desarrollados, principalmente en los Estados Unidos de América, la cual sigue vigente hasta nuestros días debido a la apertura comercial y al fenómeno de la globalización de los mercados. (p.101)

Un dato importante para resaltar con la llegada de la Revolución Verde y su impacto en el campo mexicano fue que se obtuvo un gran éxito en el aumento de la producción agrícola con altas tasas de rendimiento. Sin embargo, no se sopesó la calidad nutricional, ni se hizo conciencia del impacto ecológico y

sobre todo de la pérdida de la biodiversidad en especies, como es el caso de los maíces nativos, es decir, tuvimos un quid pro quo (la sustitución de una cosa por otra).

Desde la opinión de Ceccon (2008), algo que inquieta a los científicos es que la nueva RV tiene como principal objetivo la creación de organismos genéticamente modificados (OGM), también conocidos como transgénicos. Los cuales comparten la característica de ser organismos creados en laboratorio con técnicas que consisten en la transferencia de genes, de un organismo a otro, manipulando la estructura natural de su ADN y modificando así su genoma. (pp. 21-26)

2.4.4 Revolución Verde: ¿Solución a los problemas de producción del campo?

Continuando con el tema de la RV, Ceccon (2008) menciona que el premio nobel de la paz, Norman Borlaug quien es considerado padre de la RV, no alcanzo a dimensionar, ni tomo conciencia de la gama de genes de las especies nativas que están siendo irremediablemente perdidas por la erosión genética, y como muestra de ello tenemos que:

- India poseía 300 000 variedades de arroz, hoy solo sobrevive no más de una docena, debido a la introducción de variedades de alta productividad.
- En Turquía, donde se originó el lino, había 1 000 variedades en 1945. Sin embargo, en los años sesenta quedaba solamente una variedad; la cual se importa de Argentina.
- De las 7,000 variedades de manzana que existían en E.U.A. en el siglo pasado, 6,000 ya no están disponibles.

Además de esto, Ceccon (2008) manifiesta que, la diversidad genética de los cultivos agrícolas domesticados por el ser humano a través de milenios hoy en día se encuentra en alto riesgo de desaparecer, debido a las malas decisiones tomadas por las autoridades que crean e instituyen las reglas que rigen a cada país. Por lo tanto, la posibilidad de una crisis en la biodiversidad de especies

agrícolas a nivel mundial es un problema inminente, del cual se deben tomar cartas en el asunto.

Por otro lado, Silva *et al.* (2016) expone que la agricultura moderna ha potencializado los efectos negativos sobre el medio ambiente, tales como: la salinización y destrucción del suelo, la pérdida de biodiversidad de especies, además de la contaminación por fertilizantes y plaguicidas. Los cuales son problemas relevantes que merecen un correcto análisis y estudio por parte de la comunidad científica, para dar una solución viable que mitigue estos estragos.

En su obra Bonilla y Singaña (2019) resaltan puntos importantes que trajo consigo la Revolución Verde (RV):

- Quizás el de mayor impacto fue el desarrollo de semillas de las llamadas Variedades de Alto Rendimiento (VAR).
- La fuerte dependencia de los productores agrícolas hacía los proveedores de insumos agroquímicos.
- A lo anterior se añade la proliferación de monocultivos, lo que se tradujo en un deterioro de la fertilidad del suelo y la erosión de la diversidad genética.
- La entrega de fertilizantes, pesticidas y sistemas de riego a pequeños productores, por parte de grandes empresas de agronegocios, provocó que a cambio estos pequeños productores entregaran un producto con características de calidad y cantidad determinadas al mercado.

Además de esto se puede afirmar que la RV trajo consigo consecuencias ecológicas, agronómicas, socioeconómicas y culturales. Una de ellas y quizás la que más preocupa a la comunidad científica es la posible liberación comercial del maíz transgénico en México (práctica que hasta el día de hoy se encuentra prohibida a gran escala y se encuentra en fase experimental).

A manera de síntesis, la RV vino a solucionar los problemas en los bajos rendimientos agrícolas. Sin embargo, no sopesó el impacto ecológico, ni la erosión de la gama de genes de las especies nativas, colocándolas en un riesgo inminente

de desaparecer. Lo que pone al descubierto un sistema capitalista voraz con el hombre y su medio ambiente, representado por las grandes semilleras transnacionales, amasadoras de grandes fortunas, las cuales se adueñan de la biodiversidad del lugar donde se plantan y la convierten en mercancía, para después venderla a sus dueños originales y continuar así con el proceso de acumulación. Tal como lo describe Marx (1979) en su obra "El capital" tomo I.

2.4.5 Principales empresas transnacionales comercializadoras de agroquímicos y semillas en México

En su obra Luna y Altamirano (2015) menciona que: Monsanto, Pioneer y Syngenta son tres de las empresas más importantes a nivel mundial en lo que a producción y comercialización de semilla mejorada se refiere. (p. 151)

Por otro lado, en México las citadas transnacionales tienen como nicho de mercado la agricultura comercial a gran escala, es decir, atienden a productores con grandes extensiones de tierra, los cuales cuentan con una dotación de capital y su producción la orientan para el mercado, lo que provoca una dependencia tecnológica a la compra de semillas mejoradas, como es el caso del maíz.

En su obra Ayala *et al.* (2012) refiere que la producción y distribución de semillas mejoradas son una forma de transferencia de tecnología entre empresas fitomejoradoras y productores agrícolas. Los cuales pretenden obtener niveles competitivos en la producción. Sin embargo, en México especialmente en el caso de la semilla de maíz mejorada, se siembran sólo un 30 % de la superficie ocupada por este cultivo. (p. 1)

Ante las insistentes críticas de la opinión pública a nivel mundial acerca de los OGM, Acosta (2009) refiere que las compañías biotecnológicas tratan de dar una imagen nueva y diferente a los transgénicos, haciendo hincapié en sus propiedades nutritivas, suplementarias y medicinales, tratando de conseguir que los consumidores perciban a estos como alimentos biofortificados y de este modo conseguir su aprobación. (p.39)

En la actualidad diversos autores como es el caso de Casquier y Ortiz (2012) plantean que ninguna nación debe mantenerse al margen del desarrollo científico, pero desde un punto de vista ético el uso de este desarrollo no puede ni debe estar subordinado a intereses particulares, sino al interés superior de la humanidad en su conjunto. Por lo tanto, el respeto a la naturaleza debería formar parte del deber ser de la humanidad. Sin embargo, los autores mencionan que eso no significa dejarla tal como está, por lo tanto, debemos conocerla y usarla para nuestro beneficio, debido a que dependemos de ella para seguir existiendo, lo que deja la puerta abierta a un debate bioético. (p.300)

Como podemos observar, la RV vino a resolver problemas en el campo en términos de producción. Sin embargo, también trajo consigo el desastre desde el punto de vista ecológico, medio ambiental y de la biodiversidad de especies. Por tal motivo, en México es necesario crear un marco institucional sólido que proteja la biodiversidad de especies, y que a su vez no interfiera con temas como la producción de alimentos y la seguridad alimentaria. Un reto que a simple vista delata un panorama sombrío para el campo mexicano y sobre todo para el maíz.

2.5 Instituciones y cambio institucional

Las instituciones juegan un papel de suma importancia en un Estado; algunos autores las conciben como las “reglas del juego” que habrá de seguir una sociedad. En este apartado de la obra, al hablar de instituciones se toma como un punto de referencia “La Ilustración” que fue un movimiento cultural e intelectual, que primordialmente se desarrolló en el continente europeo a mediados del siglo XVIII y duró hasta los primeros años del siglo XIX. Grandes pensadores representantes de este movimiento sostenían que el conocimiento humano podría construir un mundo mejor combatiendo a la ignorancia, la superstición y la tiranía.

De estos grandes pensadores resalta el trabajo de un análisis institucional que hace Rousseau (2003) en su libro “El contrato social: o los principios del derecho político” más popularmente conocido como “El contrato social”. En esta obra el autor hace un tratado sobre filosofía política y habla principalmente sobre la

libertad e igualdad de los hombres bajo un Estado instituido por medio de un contrato social el cual todos firmamos de forma tácita al momento de nacer y formar parte de una sociedad; de este contrato social surgen una serie de reglas que se instituyen para regular la conducta del hombre en sociedad.

2.5.1 Ley natural vs. ley humana

Las leyes naturales existen en todas partes y el hombre a través del uso del método científico es quien se encarga de descubrirlas y darles una explicación lógica. Por lo tanto, la ley humana surge a consecuencia de la ley natural. Dicho de otra manera, la ley natural es el fundamento de toda ley humana en la medida que esta ordena que el hombre viva en sociedad. Lo que nos lleva al planteamiento del problema del ser y el deber ser de la naturaleza humana, donde el ser es lo que se constata como hecho o suceso, y el deber ser es lo que se preceptúa al cumplimiento libre de los hombres.

Asimismo, Contreras (2011) menciona que el iusnaturalismo clásico concibe la ley humana desde la ley natural, especialmente como el modo de derivación del derecho positivo o simplemente legal. Sin embargo, siempre que la ley natural deje un espacio de ambigüedad, indiferencia o indeterminación, este debe ser cubierto a través de leyes instituidas por el Estado que antepongan la razón y el bien común.

Ahora bien, si centramos el concepto de ley humana en la presente obra, podemos afirmar que el preceptuar instituciones eficientes, que protejan la riqueza cultural de México (caso del maíz nativo), puede ser una forma de frenar la voracidad y los estragos que causan los grandes capitales, los cuales son descritos por Marx en su obra “El capital”. Del mismo modo, y en sentido contrario, el promover leyes poco eficientes o con ambigüedades, abren la puerta para que los capitales extranjeros se instalen en una economía, y pongan a trabajar su naturaleza devastadora y acumuladora.

Por otro lado, La escuela económica institucionalista en la última década tomó gran relevancia, debido a que dentro de sus afirmaciones plantea que las

relaciones de mercado son el resultado de la interacción compleja de diversas instituciones y organizaciones. Por tanto, Las instituciones deben normar el actuar de los individuos y las organizaciones, en favor del bien común. Lo que provoca que la relación entre las disciplinas del derecho y la economía tomen cada vez una relación de colaboración más estrecha.

2.5.2 ¿Economía institucional original (EIO) o Nueva Economía Institucional (NEI)?

La escuela económica institucional toma cada vez más relevancia en nuestros días. En su obra Parada (2003) caracteriza, por un lado, a la Economía Institucional Original (EIO) como una economía evolutiva o darwinista, y por el otro, a la Nueva Economía Institucional (NEI) señalando que esta tiene su origen en la teoría de los costos de transacción de Coase, y que además trabaja alrededor del paradigma neoclásico. (p.93)

En la presente revisión de literatura, se hace referencia a la NEI y se enfoca en el pensamiento de dos grandes representantes: por un lado, el Dr. Douglas North (Premio del banco de Suecia en ciencias económicas en memoria de Alfred Nobel en 1993), y por otro, el Dr. José Ayala Espino (Doctor en economía, Premio de Investigación Económica “Jesús Silva Herzog” y Premio Nacional de Administración Pública, ambos en el año de 1991). Para darnos una semblanza de ¿Cómo es que estos dos científicos conciben las instituciones? y ¿Cómo estas afectan a la economía?

2.5.3 Diferencias entre instituciones y organizaciones: dos conceptos que no debemos confundir

Hablando de instituciones North (2012) refiere dos términos que, si bien se parecen, no debemos confundir, y hay que saber diferenciarlos: instituciones y organizaciones. En el caso de las primeras son restricciones o reglas del juego que se instituyen para limitar las interacciones políticas, económicas y sociales. Estas reglas pueden ser de dos tipos, informales (como las sanciones, los tabúes,

las costumbres, las tradiciones y los códigos de conducta) y también pueden ser reglas formales (como son: constituciones, leyes, derechos de propiedad).

Por otro lado, las organizaciones, según el Dr. North, son grupos de personas enlazados por una identidad y un fin común. Los cuales mediante la aplicación correcta de las instituciones y la efectividad en hacer cumplir lo pactado determinan el costo de hacer una transacción, dando así soluciones efectivas a la organización de una nación.

Sin embargo, las ambigüedades en las instituciones y la falta de coercitividad para hacer cumplir la ley en México han provocado que grandes capitales trasnacionales las utilicen en su favor, dejando en completa indefensión al campo mexicano y a sus productores, lo que evidencia las lagunas de nuestro sistema jurídico en materia de protección al campo.

2.5.4 Instituciones jurídicas relacionadas al maíz en México

Dentro del marco normativo en México existen leyes relacionadas con el uso y protección de los recursos naturales, así como leyes que tratan de la bioseguridad entre las que destacan:

- ✓ Ley General del Cambio Climático (LGCC 2012)
- ✓ Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA 2012)
- ✓ Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM 2005)
- ✓ Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas (LFPPCS 2007)
- ✓ Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo (LFFPMN 2020)

2.5.5 Organizaciones relacionadas al maíz en México

En México existen organizaciones públicas y privadas dedicadas a estudiar, proteger y cuidar el maíz, como son:

- ✓ Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO)
- ✓ Comisión intersectorial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM)
- ✓ Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)
- ✓ Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS)
- ✓ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
- ✓ Universidad Autónoma Chapingo (U.A.Ch.)
- ✓ Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
- ✓ Y las organizaciones de la sociedad civil

2.5.6 Un científico mexicano que hizo grandes aportaciones a la economía institucional: Dr. José Luis Ayala Espino

En México, un científico que hizo aportaciones importantes a la economía institucional fue Ayala (1992) quien expresa que las instituciones constituyen la base y el cimiento sobre el cual se organiza y unifica al sistema socioeconómico; el cual a su vez sirve para enlazar y encauzar institucionalmente las relaciones de intercambio económico, social y político entre las partes del sistema. (p.10)

Siguiendo en el tema de la economía institucional, pero en diferente obra, Ayala (1999) menciona que, con los cambios en el aparato gubernamental en México, los nuevos retos para la economía mexicana consisten no solamente en aplicar reformas al mercado, sino que también se deben crear políticas a nivel macro para alcanzar el tan deseado crecimiento sostenido. Recalcando que para lograr este objetivo se necesitara primordialmente contar con nuevas y más eficientes instituciones que hagan frente a los retos que trae consigo la crisis paradigmática neoliberal y la globalización (Paradigma que por su naturaleza capitalista tiende a ser voraz con el ser humano y sus recursos naturales). Una breve cronología de la defensa del maíz ante la amenaza de los transgénicos en México.

2.5.7 Una cronología de la defensa del maíz en México

Vale la pena destacar el trabajo que hace en su obra Riveiro (2020), donde de manera puntual, nos muestra una cronología de la defensa del maíz ante la amenaza de los transgénicos en México, y en la cual para los efectos de la presente obra se hace una síntesis de esa cronología con los puntos más medulares.

Cuadro 2. Síntesis de la cronología de la defensa del maíz (Riveiro, 2020).

Año	Acontecimiento
1988	El gobierno de México autoriza las primeras pruebas de campo de cultivos transgénicos (tomate).
1994	Entra en vigor el TLCAN entre México, Canadá y Estados Unidos.
1995	Se crea la Comisión Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA).
1995	Se aprueba la primera normativa que regula la importación y liberación al ambiente de cultivos transgénicos (NOM-056-FITO-1995).
1998	La Comisión Nacional de Bioseguridad Agrícola establece una moratoria a la siembra de maíz transgénico en todo el país, por ser México centro de origen del cultivo.
1999	Se crea la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM), que sustituye a la CNBA.
1999	Se elimina formalmente la CONASUPO como organismo regulador de abasto y precios de maíz.
2000	México firma el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología.
2001	Los investigadores Ignacio Chapela y David Quist encuentran contaminación de maíz transgénico en el maíz campesino en la Sierra Norte de Oaxaca. Publican sus hallazgos en la revista <i>Nature</i> .
2002	Campaña de las empresas transnacionales y su organización fachada Agbio World contra el artículo de Chapela y Quist logra que la revista <i>Nature</i> se retracte de su publicación.

-
- 2002 El Instituto Nacional de Ecología (INECC, actualmente Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático) y la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) confirman la contaminación transgénica del maíz nativo en Oaxaca.
- 2003 Entra en vigor el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, en el marco del Convenio de Diversidad Biológica de Naciones Unidas (CDB).
- 2003 México firma un acuerdo trilateral con Estados Unidos y Canadá que les permite ingresar cargamentos de maíz que contengan hasta un cinco por ciento de maíz transgénico sin necesidad de notificarlo, como establece el Protocolo de Cartagena.
- 2003 La Cámara de Senadores aprueba la Ley de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM, llamada popularmente Ley Monsanto).
- 2005 Se publica la LBOGM en el Diario Oficial de la Federación.
- 2006 La CONABIO se pronuncia contra la liberación de maíz transgénico.
- 2007 Se aprueba una nueva ley, la Ley de Producción, Certificación y Comercio de Semillas que da garantías al oligopolio semillero transnacional en propiedad intelectual sobre semillas y abre el camino para la ilegalizar el intercambio tradicional de semillas.
- 2008 Se aprueba el reglamento de la LBGOM (Ley Monsanto).
- 2009 La Red en Defensa del Maíz y la vía campesina mandan una carta internacional de denuncia suscrita por 376 organizaciones nacionales e internacionales, dirigida al CDB y a la Organización de la Agricultura y la Alimentación (FAO) para demandar acción internacional para proteger a México como centro de origen del maíz de la contaminación transgénica.
- 2012 Monsanto, Dow y PHI México (DuPont-Pioneer) solicitan permisos para la siembra comercial de maíz transgénico en 6 estados en más de 7 millones 700 mil hectáreas.
-

2012	SAGARPA y SEMARNAT publican un mapa que determina los centros de origen y diversidad genética de maíz, según su parcial criterio y en contradicción con estudios de la CONABIO, más amplios e informados.
2012	Se modifica el reglamento de la SEMARNAT para que los dictámenes de la CONABIO, INE y CONANP ya no sean vinculantes en las decisiones de la SEMARNAT ante la CIBIOGEM.
2013	La asamblea de la Red en Defensa del Maíz, reunida en enero de 2013, declara una moratoria popular y llama a un “Año contra el maíz transgénico”.
2013	El XII Juzgado de Distrito en materia civil de la Ciudad de México suspende la emisión de permisos para la siembra experimental y comercial de maíz transgénico.
2019	La Red en Defensa del Maíz denuncia la iniciativa de reforma de la Ley federal de variedades vegetales promovida por un diputado de Morena, partido en el gobierno, para avanzar en la privatización de las semillas. Denuncia también que la iniciativa de Ley federal para el fomento y la protección del maíz nativo es una trampa, que, pese a su título, según el cual busca delimitar y restringir la siembra de maíz nativo a solamente algunas áreas, contradice el hecho de que todo México es centro de origen del maíz. Abre así al resto del país a la potencial siembra comercial de maíz transgénico.
2020	Aprueba el Senado la Ley federal para el fomento y la protección del maíz nativo promovida por la campaña Sin Maíz no hay País. Celebra dicha aprobación en comunicado público la Asociación Mexicana de Semilleros, en cuya directiva están las transnacionales de transgénicos Bayer-Monsanto, Corteva y Syngenta.

Fuente: Riveiro, 2020.

Como se puede notar en esta cronología, el autor toca puntos medulares de lo que han intentado hacer las semilleras trasnacionales en la inserción del OGM en México y las medidas que han tomado las organizaciones civiles y nuestras

autoridades, unas en favor de la protección del maíz nativo tomando a México como centro de origen del maíz y otras en contra cediendo facilidades a las grandes semilleras trasnacionales.

Por otro lado, Marx (1979) en su obra “El capital” tomo I en el capítulo XXV que trata de “La moderna teoría de la colonización” describió que en Europa occidental “El régimen capitalista ha sometido directamente a su imperio toda la producción nacional, o, por lo menos, allí donde las cosas no están todavía lo bastante maduras, controla indirectamente las capas sociales” (pp. 975). De esto podemos afirmar que hoy en día ese mismo patrón se repite en países en vías de desarrollo, y México no es la excepción, grandes capitales amasados por las semilleras trasnacionales llegan a tomar las variedades nativas de maíz apropiándose del patrimonio y la cultura mexicana, para después regresarlas en forma de mercancía a los dueños originales. Creando un nicho de mercado bastante lucrativo, sometiendo y condicionando a la producción de todo el país en complicidad con el Estado, quien debiera ser el encargado de crear instituciones que protejan el patrimonio nacional, y no que sea el caso contrario, en donde la creación de instituciones facilite el saqueo de la riqueza y el patrimonio nacional, como lo apunta Riveiro en su cronología.

2.6 ¿Cuál es el objeto de la LFFPMN?

Para efectos del presente trabajo de investigación, se hace un enfoque en la Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo ([LFFPMN], 2020), la cual en su Artículo 1º menciona que tiene por objeto:

- I. Declarar a las actividades de producción, comercialización y consumo del Maíz Nativo y en Diversificación Constante, como manifestación cultural de conformidad con el Artículo 3 de la Ley General de Cultura y Derechos Culturales;
- II. Declarar a la protección del Maíz Nativo y en Diversificación Constante en todo lo relativo a su producción, comercialización y consumo, como una obligación del Estado para garantizar el derecho humano a la alimentación

nutritiva, suficiente y de calidad, establecido en el tercer párrafo del artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y

III. Establecer mecanismos institucionales para la protección y fomento del Maíz Nativo y en Diversificación Constante. (p.1)

Asimismo, la LFFPMN se toma como punto de referencia en la presente obra para crear un modelo de regresión lineal, estimado por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Para medir los efectos de esta nueva institución en la producción de maíz blanco en México.

2.7 Literatura citada

- Acosta Sariego, J. R. (2009). Del jardín de Mendel a la granja de Wilmut ¿Grandes esperanzas o ilusiones perdidas? *Revista Latinoamericana de Bioética*, 9(2), 28–41. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127020306003>
- Ayala Espino, J. L. (1992). *Límites del mercado, límites del estado. Ensayos sobre economía política del estado*. Instituto Nacional de Administración Pública, A.C.
- Ayala Espino, J. L. (1999). Instituciones y economía. Una introducción al neoinstitucionalismo económico. In *Región y Sociedad* (Issue 22). Fondo de cultura económica.
- Ayala Garay, Ó. J., Castillo González, F., Luna Mena, B. M., Hinojosa Rodríguez, Ma. A., & Mejía Contreras, J. A. (2012). Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(1), 1–7. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61023295001>
- Bonilla Bolaños, A. G., & Singaña Tapia, D. A. (2019). La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: análisis de los cultivos de arroz y maíz duro en ecuador. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de La Vida, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador*, 29(1), 70–83. <https://doi.org/https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/29.2019.06>
- Casquier, J., & Ortiz, R. (2012). Las semillas transgénicas: ¿un debate bioético? *Derecho PUCP*, 69, 281–300. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=533656141018>
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias*, 1(91), 21–29. <https://www.redalyc.org/pdf/644/64411463004.pdf>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [Const.]. (2021). *Artículo 27 [Título I]*. H. Congreso de la Unión, LXV legislatura. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Contreras, S. (2011). LEY NATURAL Y DETERMINACIÓN DEL DERECHO POSITIVO. *Praxis Filosófica*, 33, 207–226. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209022660010>
- Gómez, J. A. (2011). *Maíz, axis mundi Maíz y sustentabilidad*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

- González Jácome, A. (2018). Maíz y alimentación. Historia breve de un largo viaje. *Revista de Geografía Agrícola*, 60, 5–65. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2017.59.007>
- Jugenheimer, R. W. (1988). *Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas*. Limusa.
- Kato-Yamakake, T. A., Mapes-Sánchez, C., Mera-Ovando, L. M., Serratos-Hernández J. A., & Bye-Boettler, R. A. (2009). *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/Origen_deMaiz.pdf
- Lechuga-Montenegro, J., & Massieu-Trigo, Y. (2002). El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis Económico*, XVII(36), 281–303. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41303610>
- Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo [LFFPMN]. (2020). *Artículo 1 [Título I]*. H. Congreso de la Unión, LXV legislatura. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lffpmn.htm>
- Luna Mena, B. M., & Altamirano Cárdenas, J. R. (2015). Maíz transgénico: ¿Beneficio para quién? *Estudios Sociales (Hermosillo, Son.)*, 23(45), 141–161. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572015000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- MacRobert, J. F., Setimela, P. S., Gethi, J., & Worku, M. (2014). *Manual de producción de semilla de maíz híbrido*. CIMMYT.
- Martínez-Castro, C. J., Ríos-Castillo, M., & Castillo-Leal, M. (2019). La revolución verde y sus consecuencias socioeconómicas en la agricultura mexicana. *Ra Ximhai*, 15(2), 101–116. <https://doi.org/10.35197/rx.15.02.2019.06.mc>
- Marx, K. (1979). *El capital: Tomo I*. México D.F.: Siglo veintiuno.
- Monserat Huerta, H., & Chávez Presa, M. F. (2003). Tres modelos de política económica en México durante los últimos sesenta años. *Análisis Económico*, XVIII(37), 55–80. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41303703>
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

- North, D. C. (2012). *Instituciones cambio institucional y desempeño económico*. Fondo de Cultura Económica.
- OCDE. (2003). *Consensus Document on the Biology of Zea mays subsp. mays (Maize)*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
- Parada, J. J. (2003). Economía institucional original y nueva economía institucional: semejanzas y diferencias. *Revista de Economía Institucional*, 5(8), 92–116. <https://www.redalyc.org/pdf/419/41900805.pdf>
- Real Academia Española. (n.d.). *Nación*. En *Diccionario de la lengua española*. Retrieved August 11, 2022, from <https://dle.rae.es/naci%C3%B3n>
- Real Academia Española. (n.d.). *Revolución*. En *Diccionario de la lengua española*. Retrieved August 4, 2022, from <https://dle.rae.es/revoluci%C3%B3n?m=form>
- Reyes, P. (1990). *El maíz y su cultivo*. AGT-EDITOR S.A.
- Riveiro, S. (2020). *Maíz, transgénicos y transnacionales*. Itaca.
- Rousseau, J. J. (2003). *El contrato social o principios de derecho político*. La página S.A. https://proletarios.org/books/Rousseau-El_contrato_social.pdf
- SAGARPA. (2017). *Planeación Agrícola Nacional*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- Schoijet, M. (2004). La recepción e impacto de las ideas de Malthus sobre la población. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 20(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.24201/edu.v20i3.1210>
- Silva Castro, C. A. (2005). *Maíz Genéticamente Modificado*. Agro-Bio.
- Silva Rodríguez, C. A., Cevallos Moran, R. A., Sarabia Jarrin, M. S., & Boza Valle, J. A. (2016). Impacto en el medio ambiente de las actividades agropecuarias en el Cantón El Empalme, Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/08/>
- Zapata, E. (1911). *Plan de Ayala [Documento histórico]*. Orden Jurídico. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/CH8.pdf>

3 INSTITUCIONES Y SU IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO: CASO DEL MAÍZ BLANCO.

Artículo enviado a la revista Geografía Agrícola

Eder Carlos Enrique Hernández González, Abel Pérez Zamorano

José de Jesús López Reynoso, Francisco García Figueroa.

RESUMEN

México es considerado centro de origen del maíz, además de ocupar el primer lugar a nivel mundial en la producción de maíz blanco, el cual se destina principalmente para consumo humano. Las instituciones representan reglas a seguir establecidas por la autoridad para regular la interacción humana, estas reglas deben plantearse en favor del bien común. El uso de la tecnología que incrementa la producción agrícola y una institución que fomenta la producción y el consumo de variedades nativas de maíz, no pueden entrar en conflicto debido a que podrían traer consecuencias como es la escasez de este grano. El objetivo de la investigación fue medir el impacto en la producción de maíz blanco en México con la implementación de La Ley Federal para el Fomento y Protección al Maíz Nativo. Para tales efectos, se realizó un análisis gráfico-comparativo, contrastación de tasas de crecimiento media anual (TCMA) de la población, producción, superficie sembrada y rendimiento del cultivo de maíz. Así como un modelo de regresión lineal, estimado por mínimos cuadrados ordinarios, destacando entre otras la correlación de la variable dependiente producción y la variable independiente uso de semilla mejorada maíz (híbridos). Los resultados muestran que para el periodo 1980-2020 la TCMA de la población, producción, superficie y rendimiento fueron 1.68%, 2.01%, -0.04% y 1.87% respectivamente; por su parte el modelo de regresión determinó una elasticidad de la producción con respecto al uso de semilla mejorada de 0.8976. Se concluye que el crear una institución que desincentive el uso de semilla mejorada, disminuye en 0.8976% la producción de maíz por cada unidad porcentual de superficie que se deje de sembrar con este tipo de material.

Palabras clave: Maíz, producción, instituciones, tecnología.

INSTITUTIONS AND THEIR IMPACT ON AGRICULTURAL PRODUCTION IN MEXICO: THE CASE OF WHITE CORN.

Eder Carlos Enrique Hernández González, Abel Pérez Zamorano
José de Jesús López Reynoso, Francisco García Figueroa.

ABSTRACT

Mexico is considered the center of origin of corn, in addition to occupying the first place worldwide in the production of white corn, which is mainly destined for human consumption. Institutions represent rules to be followed established by the authority to regulate human interaction, these rules must be set in favor of the common good. The use of technology that increases agricultural production and an institution that encourages the production and consumption of native varieties of corn cannot come into conflict because they could lead to consequences such as the scarcity of this grain. The objective of this research was to measure the impact on white corn production in Mexico with the implementation of the Federal Law for the Promotion and Protection of Native Corn. For this purpose, a comparative graphical analysis was carried out, contrasting average annual growth rates (AAGR) of population, production, planted area and corn crop yield. A linear regression model, estimated by ordinary least squares, was also used, highlighting among others the correlation between the dependent variable production and the independent variable use of improved corn seed (hybrids). The results show that for the period 1980-2020 the AAGR of population, production, area and yield were 1.68%, 2.01%, -0.04% and 1.87% respectively; the regression model determined an elasticity of production with respect to the use of improved seed of 0.8976. It is concluded that the creation of an institution that discourages the use of improved seed decreases corn production by 0.8976% for each percentage unit of surface that is no longer planted with this type of material.

Key words: Corn, production, institutions, technology.

3.1 Introducción

México es un país extraordinario visto desde distintas ópticas, cuenta con una biodiversidad amplia y es dueño de una gran riqueza en el ámbito cultural, histórico y gastronómico; muestra de esa riqueza cultural es su grano rey: “El maíz”, el cual coloca a México como el centro de origen y diversificación ante el mundo. González (como se citó en Piperno *et al.*, 2009) refiere que evidencia reciente de fitolitos de maíz que se hallaron en el refugio rocoso Xihuatoxtla en la cuenca media del río balsas, actual Estado de Guerrero, en México. Fueron sometidas a la prueba de radiocarbono y demostraron que este grano cuenta con una antigüedad de unos 8 mil 700 años a.C. (p.10)

El cultivo protagonista en el campo mexicano a través de milenios ha sido el maíz (*Zea mays L.*), por su parte Jugenheimer (1988) lo caracteriza como una planta de porte vigoroso y habito anual, su aspecto asemeja a una caña de azúcar; esto debido a que cuenta con la presencia de nudos y su médula esponjosa (p. 841). Así mismo, Reyes (1990) menciona que: el maíz es una planta de polinización abierta (anemófila), es decir, tiene alta propensión al cruzamiento y el polen puede viajar de 100 a 1000 m. (Lo que representa también una alta propensión a la contaminación genética). Por otro lado, Lechuga y Massieu (2002) mencionan que este grano, posee de forma intrínseca un fuerte contenido social y cultural para México.

La Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo [LFFPMN] (2020) define al maíz nativo como: Razas de la categoría taxonómica (*Zea mays* subespecie *mays*) que los pueblos indígenas, campesinos y agricultores han cultivado y cultivan, a partir de semillas seleccionadas por sí mismos u obtenidas a través de intercambio, en evolución y Diversificación Constante, que sean identificadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (p.2).

El maíz blanco es aquel que se produce exclusivamente para el consumo humano, en virtud de su alto contenido nutricional. Por otro lado, el maíz amarillo se destina para el procesamiento industrial y la alimentación animal.

Un híbrido de maíz es resultado de la mejora genética de la especie mediante la cruce de dos líneas puras de maíz con características deseables como: el rendimiento, tolerancias a plagas y la precocidad. Por último, tenemos el maíz transgénico (OGM's) el cual se obtiene de la introducción de material genético de otra especie (incluso de otros reinos distintos al Plantae) mediante manipulaciones a su ADN.

Un punto de vista importante acerca de la producción de alimentos es el que hace Schoijet (2004) donde retoma la idea de un maltusianismo que podía prever situaciones futuras en que efectivamente el aumento de la producción de alimentos fuera incapaz de seguir el ritmo del incremento de la población. (p. 572), como respuesta ante la escasez de alimentos, la Revolución Verde propuso un cambio de fondo y de forma en el campo mexicano, lo que trajo consigo un aumento notable en la producción agrícola con altas tasas de rendimiento en los cultivos y una fuerte dependencia tecnológica en materia agrícola hacia los países desarrollados. Por su lado, Ceccon (2008) refiere que en la actualidad los científicos se encuentran inquietos con la nueva Revolución Verde, debido a que tiene como principal objetivo la creación de organismos genéticamente modificados (OGM) también conocidos como transgénicos. Los cuales comparten la característica de ser organismos creados en laboratorio con técnicas que consisten en la transferencia de genes de un organismo a otro, manipulando la estructura natural de su ADN y modificando así su genoma (pp. 21-26). Asimismo, Silva *et al.* (2016) expone que la agricultura moderna ha potencializado los efectos negativos sobre el medio ambiente. Efectos tales como: la salinización y destrucción del suelo, además de la pérdida de biodiversidad de especies. Por su parte, Bonilla y Singaña (2019) señalan que la Revolución Verde trajo consigo la erosión de la diversidad genética.

En su obra Luna y Altamirano (2015) menciona que Monsanto, Pioneer y Syngenta son tres de las empresas más importantes a nivel mundial en lo que a producción y comercialización de semilla mejorada se refiere (p. 151). Por otro lado, las citadas transnacionales tienen como nicho de mercado la agricultura comercial a gran escala, es decir, atienden a productores con grandes extensiones de tierra, los cuales producen para el mercado.

Por otro lado, North (2012) refiere que las instituciones juegan un papel de suma importancia en un Estado, concibiéndolas como “las reglas del juego” que habrá de seguir una sociedad. En México un científico que hizo aportaciones importantes a la economía institucional fue Ayala (1992) quien expresa que las instituciones constituyen la base y el cimiento sobre el cual se organiza y unifica al sistema socioeconómico; el cual a su vez sirve para enlazar y encauzar institucionalmente las relaciones de intercambio económico, social y político entre las partes del sistema (p.10). Asimismo Contreras (2011) menciona que el iusnaturalismo clásico concibe la ley humana desde la ley natural. Sin embargo, siempre que la ley natural deje un espacio de ambigüedad, indiferencia o indeterminación. Este debe ser cubierto a través de leyes instituidas por la autoridad. Por tanto, las instituciones deben normar el actuar de los individuos y las organizaciones, siempre en favor del bien común.

Las ambigüedades en las instituciones que rigen el marco jurídico del campo mexicano y la falta de coercitividad para hacer cumplir la ley en nuestro país han provocado que grandes capitales transnacionales utilicen las leyes en su favor, dejando en completa indefensión al campo mexicano y su biodiversidad. Derivado de estas razones, el presente trabajo de investigación hace un enfoque especial en la LFFPMN (2020) con el objetivo de hacer un análisis de la producción de maíz y crear un modelo de regresión lineal, estimado por el método de mínimos cuadrados ordinarios, para medir los efectos de esta institución en la producción de maíz blanco en México, si se desincentiva el uso de semillas mejoradas (híbridos), y se opta por el uso de semillas nativas.

3.2 Materiales y métodos

México es un país que cuenta con una extensión territorial de 1,964,375 km², de los cuales 1,959,248 km² son superficie continental y 5,127 km² son superficie insular. En cuanto a su latitud limita al norte con la frontera de los Estados Unidos de América con el paralelo 32° 43' (cuenta con una línea fronteriza de 3,152 km) y al sur: 14° 32' con Guatemala (con una línea fronteriza de 956 km y con Belice de 193 km), en cuanto a su longitud limita con los meridianos Este: 86° 42' con Isla Mujeres y Oeste: 118° 27' con punta roca elefante de la isla de Guadalupe, en el océano pacífico. Se compone de 32 entidades federativas, las cuales cuentan con una gran variedad de climas y una superficie accidentada. La producción de maíz ocupó en 2019 una superficie de 7,157,587 (ha) de las cuales 4,189,966 (ha) fueron sembradas con semilla mejorada, lo que representó el 58.53% de la superficie destinada para este cultivo, de acuerdo con datos del SIAP, 2022.

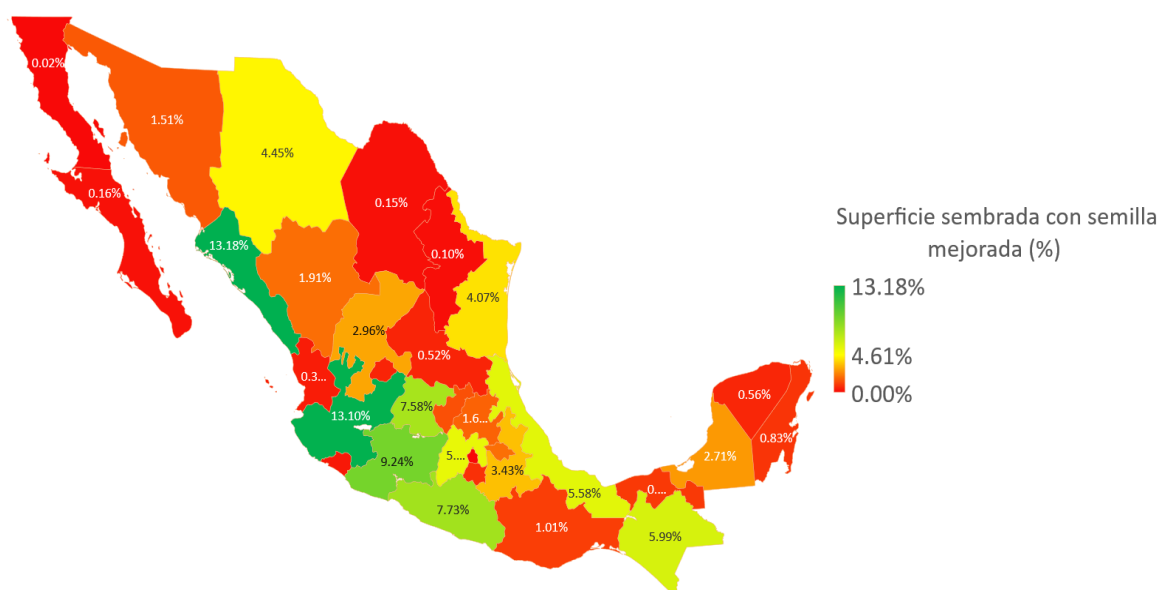


Figura 5. Mapa del uso de semilla mejorada de maíz en México.

Fuente: Elaboración propia, con datos del SIAP, 2022.

En el trabajo de investigación se planteó un análisis dividido en tres partes para la solución del problema. Los datos utilizados fueron recopilados de fuentes oficiales y representan la materia prima del análisis:

1. En la primera etapa se planteó un análisis gráfico-comparativo de las siguientes variables:

Cuadro 3. Variables utilizadas para el análisis gráfico comparativo.

Figura	Variable	Fuente
6	Producción de maíz	FAOSTAT
6	Población en México	Banco Mundial
7	Volumen de producción de maíz	SIAP
7	Superficie sembrada de maíz en México	SIAP
8	Rendimiento de maíz	SIAP
8	Superficie sembrada de maíz en México	SIAP

Fuente: Elaboración propia, con datos del Banco mundial y SIAP, 2022.

2. En la segunda etapa se calcularon y contrastaron las Tasas de Crecimiento Media Anual (TCMA), de las siguientes variables.

Cuadro 4. Variables utilizadas en el cálculo de las TCMA.

Abreviatura	Variable en terminos de TCMA	Fuente
TCMA_POB	Población en México	Cálculo realizado con datos del Banco mundial
TCMA_PROD	Producción de maíz en Mexico	Cálculo realizado con datos del SIAP
TCMA_SSMB	Superficie sembrada de maíz en México	Cálculo realizado con datos del SIAP
TCMA_REND	Rendimiento del cultivo de maíz en México	Cálculo realizado con datos del SIAP
Δ _TCMA_REND	Cambios en la TMCA del rendimiento del cultivo de maiz	Cálculo realizado con datos del SIAP

Fuente: Elaboración propia, con datos Banco mundial y SIAP, 2022.

3. En la última etapa se planteó un modelo de regresión lineal, estimado por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), para medir el impacto que tiene el uso de semillas mejoradas en la producción de maíz blanco en México, utilizando las siguientes variables:

Cuadro 5. Variables utilizadas en el modelo de regresión.

Abreviatura	Descripción	Fuente
PM (Mton)	Producción de maíz	SIAP
P_SS_USM (ha)	Proporción de superficie sembrada con uso de semilla mejorada	Proporcion calculada con datos del SIAP
PA (mm)	Precipitación anual	CONAGUA SMN
CO ₂ _MEX(Mton m)	Emisiones totales anuales de CO ₂ en México	Se calculó como el producto= Numero de habitantes en México*CO ₂ _PC, donde Población y CO ₂ _PC (Emisiones de dióxido de carbono per cápita en México) fueron obtenidas de la base de datos del Banco mundial.
UAI	Uso agrícola de insecticidas	FAOSTAT
S_SIN (ha)	Superficie siniestrada de maíz blanco	SIAP

Fuente: Elaboración propia, con datos de Banco mundial, CONAGUA, SIAP y FAOSTAT, 2022.

Para el análisis estadístico del modelo de regresión lineal estimado se utilizó como herramienta tecnológica el software R (versión 4.2.1 de R Foundation for Statistical Computing).

Los métodos para el procesamiento y análisis de los datos se plantearon de la forma siguiente:

1.- En la primera etapa se hace un análisis gráfico-comparativo del comportamiento de las variables:

- ✓ Producción de maíz y población en México en el periodo 1961-2020.
- ✓ Volumen de producción de maíz y la superficie sembrada de maíz en México en el periodo de 1980-2020.
- ✓ Rendimiento de maíz y la superficie sembrada de maíz en el periodo de 1980-2020.

2.- En la segunda etapa, la Ecuación (1) muestra cómo se calcularon las Tasas de Crecimiento Medio Anual (TCMA):

$$TCMA = [(v_f/v_i)^{1/n} - 1] * 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

En donde:

V_f = Representa el valor final de la serie de datos.

V_i = Representa el valor inicial de la serie de datos.

n = Representa el número de periodos de la serie de datos.

En las filas del cuadro comparativo se muestran 4 periodos de tiempo:

1. 1980-1990 Muestra el fin del paradigma ISI e inicios del paradigma neoliberal.
2. 1990-2000 Muestra un paradigma neoliberal implementado y la firma en el año de 1994 del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).
3. 2000-2010 Muestra la implementación del TLCAN en apogeo.
4. 2010-2020 muestra el paradigma neoliberal, con el fin del TLCAN e inicios de la firma del tratado México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) en el año de 2020.

La Ecuación (2) muestra la forma en que se calcularon los cambios en el rendimiento:

$$\Delta_{TCMA_REND} = \left(\frac{v_f - v_i}{v_i} \right) * 100 \quad \text{Ecuación (2)}$$

En donde:

Δ_{TCMA_REND} = Cambios en la TCMA del rendimiento del cultivo de maíz.

v_f = Valor final de la TCMA del rendimiento del periodo.

v_i = Valor inicial de la TCMA del rendimiento del periodo.

Por último, la Ecuación (3) muestra cómo se calculó el promedio de las TCMA:

$$\overline{TCMA} = \frac{\sum_{i=1}^n TCMA_i}{n} \quad \text{Ecuación (3)}$$

En donde:

$\overline{TCMA}$ = Tasa Media de Crecimiento Anual Promedio.

$TCMA_i$ = Tasa Media de Crecimiento Anual en un periodo de tiempo.

i = Periodo de tiempo i .

n = Número de periodos.

3.- En la última etapa del análisis, se modeló la producción de maíz en México, mediante un modelo de regresión lineal, estimado por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). La Ecuación (4) muestra la forma funcional del modelo, y se planteó de la siguiente manera:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + u_i \quad \text{Ecuación (4)}$$

En donde:

Y = Producción de maíz blanco en México (variable dependiente)

β_i = Parámetros estimados del modelo de regresión lineal múltiple.

X_1 = Proporción de superficie sembrada con uso de semilla mejorada (ha)

X_2 = Precipitación anual (mm)

X_3 = Emisiones anuales de CO₂ en México (Mton m)

X_4 = Uso agrícola de Insecticidas en México (ton)

X_5 = Superficie siniestrada de maíz (ha)

u_i = Representa termino aleatorio de perturbación del modelo.

La variable proporción de superficie sembrada con uso de semilla mejorada (P_SS_USM) se estimó usando datos del SIAP, bajo la siguiente lógica:

Cuadro 6. Razonamiento lógico para obtener la variable P_SS_USM.

Razonamiento	Cambio
Si la superficie sembrada de maíz disminuye.	↓
Y la producción del cultivo de maíz aumenta.	↑
Esto se debe a un aumento en los rendimientos del cultivo de maíz	↑

Fuente: Elaboración propia, 2022.

La Ecuación (5) muestra el cálculo de la variable P_SS_USM :

$$P_SS_USM_x = \frac{(P_SS_USM_{2019} * R_x)}{R_{2019}} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

$P_SS_USM_x$ = Representa la proporción de superficie sembrada con uso de semilla mejorada que se desea conocer.

$P_SS_USM_{2019}$ = Representa la proporción de superficie sembrada con uso de semilla mejorada del año 2019. Se obtuvo el producto de la superficie sembrada de maíz del año 2019 * el cociente de la superficie sembrada con uso de semilla mejorada / superficie sembrada de maíz del año 2019 = 4,189,900.37 ha / 7,157,586.88 ha = 0.5853789 (datos reportados por el SIAP)

R_x = Representa el rendimiento del cultivo de maíz del año que se desea conocer.

R_{2019} = Representa el rendimiento del cultivo de maíz del año 2019 (Dato del SIAP que se tomó como año base)

Por último, el modelo se estimó con ayuda del software estadístico R para estudiar la relación entre las variables. Asimismo, Se corrió el modelo de regresión múltiple y se aplicó las siguientes pruebas estadísticas:

- Factor de inflación de la varianza (FIV o VIF en inglés). - Cuantifica la intensidad de la multicolinealidad en un análisis de regresión.
- Estadístico Durbin-Watson. - se utiliza para detectar la presencia de autocorrelación en los residuos de un análisis de la regresión.
- Estadístico Breusch-Pagan. - Se utiliza para determinar la heterocedasticidad en un modelo de regresión lineal.
- Estadístico Jarque-Bera. - Es una prueba de bondad de ajuste para comprobar si una muestra de datos tiene la asimetría y la curtosis de una distribución normal.

3.3 Resultados

- 1) En la primera etapa al momento de realizar el análisis gráfico-comparativo entre variables de la Figura 6 se observó que la variable población en México (POB) mantiene una pendiente positiva bien definida. Y la variable producción de maíz (PM) muestra una pendiente positiva, pero con altibajos en una serie de tiempo de 59 años que va de 1961-2020.

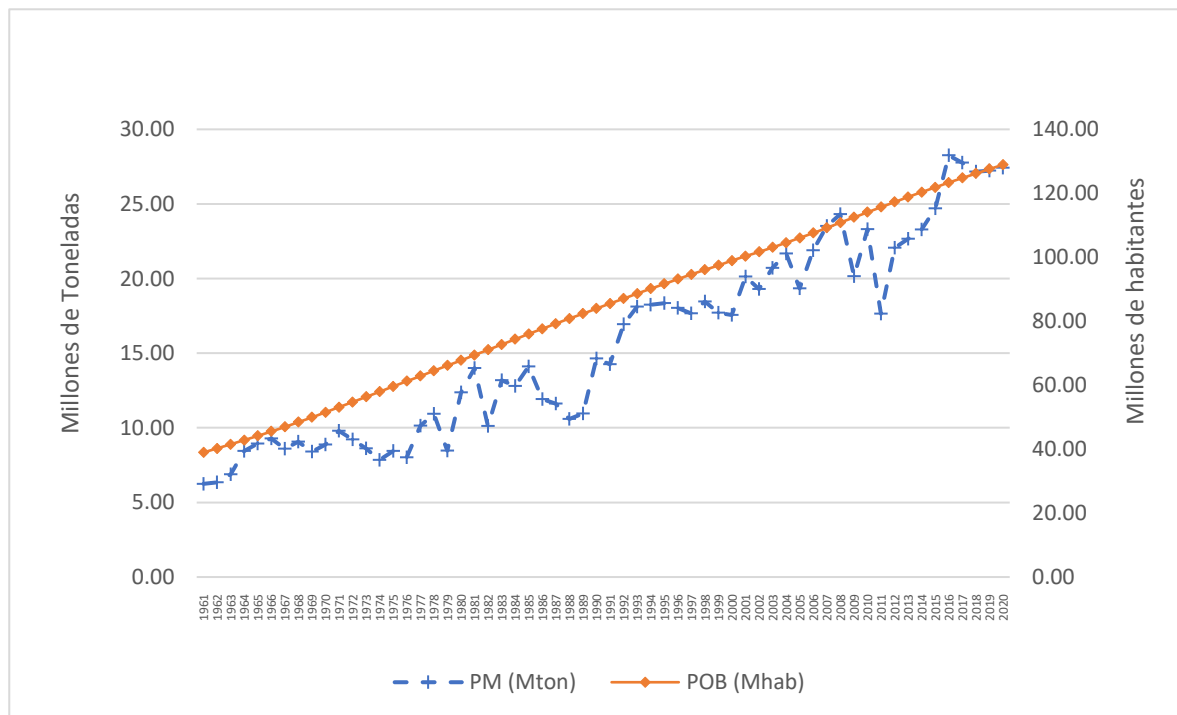


Figura 6. Producción de maíz y población en México periodo 1961-2020.

Fuente. - Elaboración propia con datos del Banco Mundial y de FAOSTAT, 2022.

La Figura 7 muestra una serie de tiempo más corta que va de 1980-2020, donde podemos observar el volumen de producción de maíz y la superficie sembrada, con pendientes opuestas. Se destaca que el volumen de producción de maíz muestra una pendiente positiva con altibajos. Asimismo, la superficie sembrada muestra una pendiente negativa muy ligera. Con lo que podemos deducir que en México de 1980 a 2020 estamos produciendo más maíz en menos superficie a lo largo de 40 años.

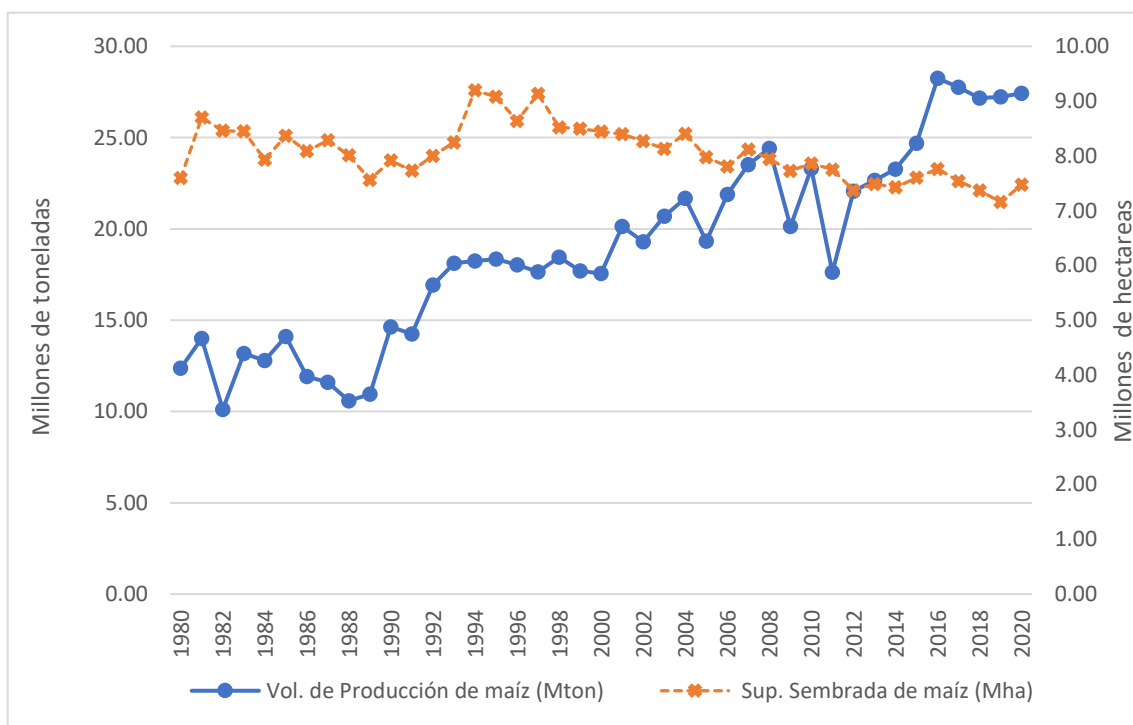


Figura 7. Volumen de producción y superficie sembrada de maíz en México de 1980-2020.

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2022.

Por último, la Figura 8 muestra las variables rendimiento del cultivo de maíz y la superficie sembrada con maíz en el periodo 1980-2020. Donde se puede observar que el rendimiento del cultivo de maíz tiene una pendiente positiva clara. Por otro lado, la superficie sembrada de maíz muestra una pendiente negativa ligera. Con lo que, al contrastarlo con la teoría económica, nos dice que los aumentos en la producción dados por el alza del rendimiento del

cultivo de maíz, así como la disminución de la superficie sembrada de maíz, se deben a cambios tecnológicos en la forma de producción.

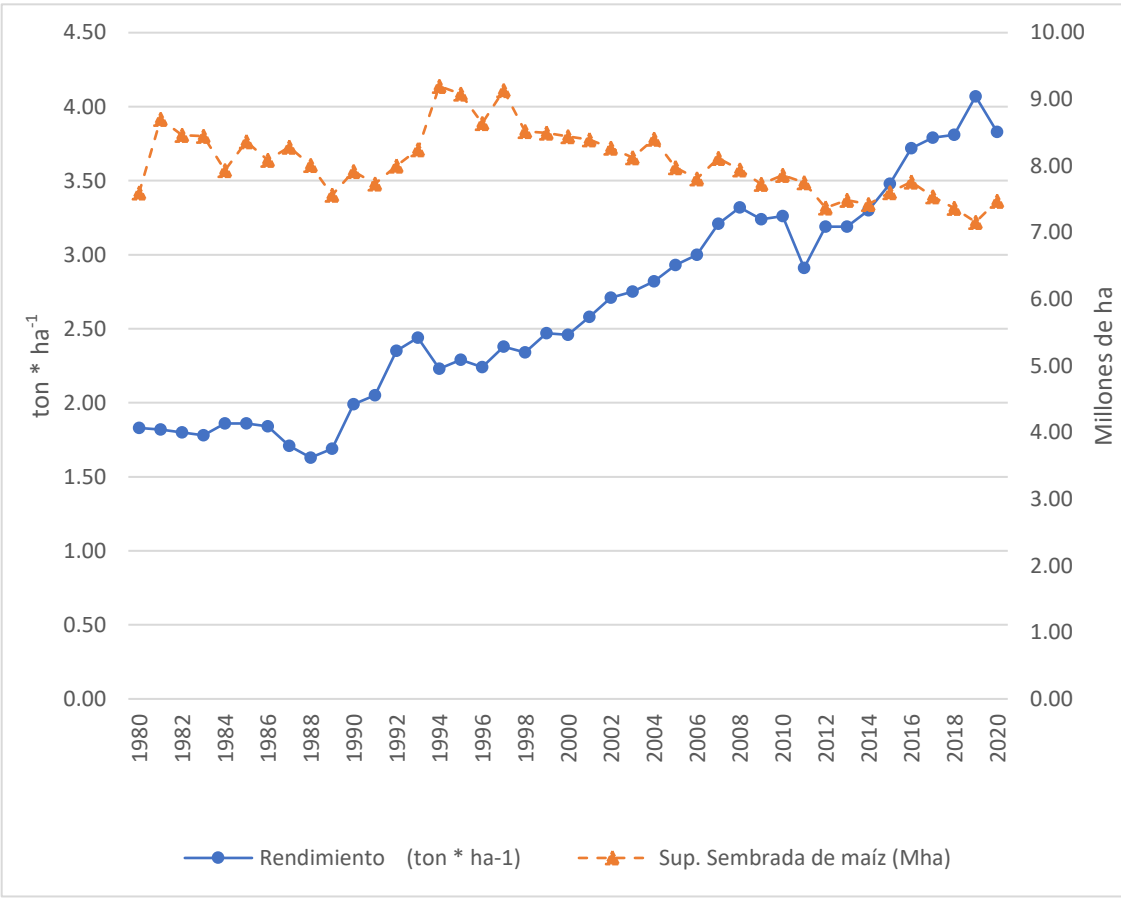


Figura 8. Rendimiento y superficie sembrada con maíz en México de 1980-2020.

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2022.

- 2) En la segunda etapa se analizaron y contrastaron las tasas de crecimiento media anual (TCMA) en el periodo de 1980-2020 para las variables población en México (POB), producción de maíz (PROD), superficie sembrada de maíz (SSM) y rendimiento de la producción de maíz (REND), además se analizan los cambios en términos porcentuales de los cambios en el rendimiento, como lo muestra la siguiente tabla:

Cuadro 7. Tasas de crecimiento media anual (TCMA).

Modelo Económico	Periodo	TCMA_POB	TCMA_PROD	TCMA_SSM	TCMA_REND	Δ TCMA_REND (%)
Fin del modelo ISI - inicia modelo NL	1980-1990	2.16	1.69	0.41	0.84	-
Modelo NL y firma del TLCAN	1990-2000	1.65	1.84	0.65	2.14	154.59
Modelo NL y TLCAN en operación	2000-2010	1.44	2.87	-0.71	2.86	33.26
Fin del TLCAN - Inicio del T-MEC	2010-2020	1.23	1.64	-0.51	1.62	-43.12
	Promedio	1.62	2.01	-0.04	1.87	

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco mundial y SIAP, 2022.

Para el análisis del cuadro 7 se comparó las columnas TCMA_POB vs. TCMA_PROD, donde se observó que en el periodo de 1980-1990 (En términos de porcentaje dados por las TCMA) la población en México creció más que la producción de maíz (se destaca que estos números se dan en la etapa final del modelo ISI e inicios del paradigma neoliberal); sin embargo, para el periodo de 1990-2000, con el paradigma neoliberal en operación y la firma del TLCAN en 1994, la TCMA de la producción de maíz creció más que la TCMA de la población, y lo mismo ocurrió en el periodo de 2000-2010 con un TLCAN en pleno funcionamiento. Por último, en el periodo de 2010-2020 con el fin del TLCAN e inicios de la firma del T-MEC, el crecimiento de la TCMA de la producción vuelve a crecer más que la TCMA de la población, pero en menor escala que en el periodo anterior 2000-2010.

Cuando se comparan los cambios en las TCMA del rendimiento y de la producción de maíz, podemos observar que guardan una relación directa en todos los periodos, es decir, si una aumenta la otra también lo hace y viceversa.

Los cambios en la TCMA del rendimiento en el periodo de 1990-2000 presenta el cambio más significativo con un 155 % (Se destaca en este periodo México opera en una economía de libre mercado y se da la firma el TLCAN). Sin embargo, el cambio positivo de la TCMA del rendimiento de maíz no se pudo

sostener, y para los siguientes periodos de 2000-2010, así como 2010-2020 se obtiene un cambio del 33% y –43% respectivamente.

Por último, al momento de contrastar el promedio de las TCMA de la producción, superficie sembrada y del rendimiento en los cuatro periodos arrojan un 2.01%, -0.04% y 1.87% respectivamente, con estos datos podemos inferir que en México en el periodo de tiempo de 1980-2020 en términos porcentuales promedio dados por las TCMA se produce más maíz en una menor superficie, gracias a la mejora en los rendimientos del cultivo del maíz. Similar a lo que se observó y se dedujo en la Figura 7.

Cabe destacar dentro de esta última parte del análisis del Cuadro 7 que, en términos de TCMA, una baja del rendimiento del cultivo de maíz viene acompañada de una baja en la producción de maíz en México en el periodo 2010-2020, o lo que es lo mismo, el desincentivar el uso de la tecnología que aumenta los rendimientos de los cultivos con el uso de semillas mejoradas (híbridos) trae consigo una baja en el volumen de la producción.

- 3) Por último, se prueba el modelo planteado con el uso del programa estadístico R, y arroja los siguientes resultados:

Cuadro 8. Estimadores del modelo de regresión.

	Ordenada al origen	ln superficie sembrada con uso de semilla mejorada (LNP_SS_USM)	ln precipitación anual (LN_PA)	ln emisiones anuales de CO ₂ en México (LN_CO2_MEX)	uso agrícola de insecticidas en México (UAI)	ln superficie siniestrada de cultivo de maíz. (LNS_SIN)	R ² ajustado	P-valor estadístico F	Estadístico DW	Breusch-pagan (p-valor)	Jarque-Bera (p-Valor)
coeficiente	-9.399	0.8976	0.2378	-0.2120	-0.00001013	-0.0874	0.9683	6.57E-11	2.01	0.8758	0.2603
prob>t	0.00002510	0.0000000325	0.00279	0.08199	0.02200	0.00000627					
valor t	-6.152	10.881	3.619	-1.874	-2.575	-6.997					
VIF		3.558399	1.325320	2.341665	4.040069	1.980802					

Fuente: Elaboración propia, con datos de la regresión.

Tomando los coeficientes del cuadro 8, el modelo de regresión lineal queda planteado como lo muestra la Ecuación (6):

$$Y_i = -9.399 + 0.8976 X_1 + 0.2378 X_2 - 0.2120 X_3 - 0.00001013 X_4 - 0.0874 X_5 \quad \text{Ecuación (6)}$$

3.4 Discusión

La producción de maíz grano se divide en blanco y amarillo, En el año de 2020 el SIAP reportó que en México la producción de maíz fue de 27.42 (Mt), de los cuales 24.47 (Mt) corresponden a maíz blanco, lo que implica un 89.27% de la producción total de maíz.

Derivado de la importancia que tiene el maíz en México, el objetivo de la presente investigación fue medir los efectos en la producción del maíz blanco en México, con la implementación LFFPMN (2020), presentando los siguientes hallazgos:

Como se observó en el análisis gráfico-comparativo, la producción de maíz y la población en México muestran una pendiente positiva, pero el crecimiento se da de formas distintas. Por otro lado, el volumen de producción de maíz y la superficie sembrada muestran pendientes distintas, lo que explica que en México gracias al uso de tecnologías que mejoran los rendimientos de los cultivos, nos ayuda a obtener una mayor producción en menor espacio físico, lo que resuelve una parte de los problemas de escasez de alimentos.

Asimismo, cuando se contrastaron las Tasas de Crecimiento Media Anual del Cuadro 7, se observó que el impulso de una institución como fue el TLCAN sobre un paradigma de libre comercio en el periodo 1990-2000 en México ayudó a elevar la TCMA de la producción de maíz en 1.84% y los cambios en los rendimientos del cultivo del maíz fueron de 154.59%. Por otro lado, el periodo 2000-2010 muestra un cambio de 2.87% en la TCMA de la producción, y el cambio en el rendimiento del cultivo de maíz arroja un 33.26%.

Por otro lado, Los resultados obtenidos del modelo de regresión lineal reflejan que un cambio del 1% en la superficie sembrada con uso de semilla mejorada, trae consigo un cambio de 0.8976% en la producción de maíz. Estos resultados reflejan que el incentivar o desincentivar el uso de tecnología en la producción

agrícola, con el uso de semillas mejoradas (híbridos), trae consigo cambios significativos en los rendimientos y en la producción del cultivo de maíz.

Asimismo, podemos afirmar que el modelo de regresión lineal planteado es consistente debido a que la probabilidad de F ($pr > F$) es de $6.574e-11$. Este resultado se contrastó mediante una prueba de hipótesis, lo que llevó a rechazar la hipótesis nula (H_0) que dice que los Betas, estimadores de los parámetros, son iguales a cero, es decir, que ninguna de las variables del modelo propuesto lo explican y se acepta la hipótesis alternativa (H_A) de que el modelo planteado es explicado cuando menos por una de las variables incluidas dentro de él.

Los estadísticos $|t|$ del intercepto y de cada una de las variables explicativas a excepción de las emisiones de CO₂ anuales en México (LNCO₂_MEX) tienen valores superiores a 2 en términos absolutos. Esto quiere decir que la mayoría de las variables tienen una confiabilidad cuando menos del 95%, mientras las emisiones de CO₂ anuales en México tienen un 90%.

El factor de inflación de la varianza de las variables (conocido por su nombre en inglés, Variance Inflation Factor, VIF) es inferior a 5, con lo que descartamos problemas de multicolinealidad.

El estadístico Durbin-Watson de autocorrelación de los errores del modelo tiene un valor muy cercano a 2 con un $\alpha=0.05$, 5 Variables explicativas y 20 observaciones. Esto significa que no existe problema de autocorrelación entre las variables explicativas, es decir, no existe dependencia entre los miembros de una serie de observaciones.

La prueba de Breusch-Pagan se utilizó para determinar si la heteroscedasticidad está presente con un valor de $p = 0.8758$. Luego entonces, Si el valor $p > 0.05$ se acepta la Hipótesis nula (H_0): la homocedasticidad está presente (los residuos se distribuyen con la misma varianza), en caso contrario se rechaza H_0 y se acepta Hipótesis alternativa (H_A): Heteroscedasticidad está presente (los residuos no se distribuyen con la misma varianza). Para el caso de nuestro modelo como $p > 0.05$, concluimos que el modelo no presenta problemas de heterocedasticidad.

La prueba de Jarque-Bera (JB) mide la bondad de ajuste del modelo, y evalúa si los datos tienen la asimetría y curtosis de una distribución normal. El contraste de la prueba JB es: si valor de $p > 0.05$ acepto H_0 : el modelo presenta una distribución normal de los datos y rechazo H_A : El modelo no presenta una distribución normal de los datos. Para el caso del modelo planteado se arroja un valor $p = 0.2603$, con lo que podemos aceptar H_0 y concluir que los datos del modelo presentan una distribución normal.

3.5 Conclusiones

Dado que, en el modelo de regresión lineal estimado, tanto la variable explicada (producción), como la explicativa (superficie sembrada con uso de semilla mejorada), fueron introducidas al modelo en logaritmos, el coeficiente beta para el uso de semilla mejorada se interpreta como la elasticidad de la producción con respecto al uso de semilla mejorada, es decir, por cada unidad porcentual que se incrementa la superficie sembrada con este tipo de material, provocara un aumento de 0.8976% en la producción de maíz. Por lo que la lectura contraria de este parámetro también es cierta, dicho con otras palabras, una reducción en uno por ciento del uso de semilla mejorada reducirá en 0.8976% la producción.

Se concluye que, de acuerdo con el análisis y el modelo de regresión planteado en la presente obra: la creación de instituciones como la LFFPMN que pretende proteger y privilegiar el uso de maíces nativos, desestimando el uso de la tecnología que mejora los rendimientos en el cultivo y producción de maíz blanco en México (caso de los híbridos), puede traer consigo cambios significativos en el volumen de producción lo que eventualmente podría acarrear otro tipo de problemas en la oferta y disponibilidad de este grano representativo de México.

3.6 Literatura citada

- Ayala Espino, J. L. (1992). Límites del mercado, límites del estado. Ensayos sobre economía política del estado. Instituto Nacional de Administración Pública, A.C.
- Bonilla Bolaños, A. G., & Singaña Tapia, D. A. (2019). La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: análisis de los cultivos de arroz y maíz duro en Ecuador. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de La Vida, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador*, 29(1), 70–83.
<https://doi.org/https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/29.2019.06>
- Ceccon, E. (2008). La Revolución Verde tragedia en dos actos. *Ciencias*, 1(91), 21–29.
<https://www.redalyc.org/pdf/644/64411463004.pdf>
- Contreras, S. (2011). Ley natural y determinación del derecho positivo. *Praxis Filosófica*, 33, 207–226. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209022660010>
- González Jácome, A. (2018). Maíz y alimentación. Historia breve de un largo viaje. *Revista de Geografía Agrícola*, 60, 5–65.
<https://doi.org/10.5154/r.rga.2017.59.007>
- Jugenheimer, R. W. (1988). Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Limusa.
- Lechuga Montenegro, J., & Massieu Trigo, Y. (2002). El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis Económico*, XVII (36), 281–303. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41303610>
- Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo [LFFPMN]. (2020). Artículo 1 [Título I]. H. Congreso de la Unión, LXV legislatura. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lffpmn.htm>
- Luna Mena, B. M., & Altamirano Cárdenas, J. R. (2015). Maíz transgénico: ¿Beneficio para quién? *Estudios Sociales (Hermosillo, Son.)*, 23(45), 141–161. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572015000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- North, D. C. (2012). Instituciones cambio institucional y desempeño económico. Fondo de Cultura Económica.
- Reyes, P. (1990). El maíz y su cultivo. AGT-EDITOR S.A.
- Schoijet, M. (2004). La recepción e impacto de las ideas de Malthus sobre la población. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 20(3).
<https://doi.org/https://doi.org/10.24201/edu.v20i3.1210>
- Silva Rodríguez, C. A., Cevallos Moran, R. A., Sarabia Jarrin, M. S., & Boza Valle, J. A. (2016). Impacto en el medio ambiente de las actividades agropecuarias en el Cantón El Empalme, Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.
<https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/08/>

4 CONCLUSIONES GENERALES

El uso de tecnologías que incrementan la producción de los cultivos en México (caso del maíz) ayudan a solucionar parte de los problemas de escasez de alimentos. Estas tecnologías requieren el uso de semillas mejoradas (híbridos) y OGM (actualmente en fase experimental en nuestro país). Cabe resaltar que el uso de híbridos entrega un producto inocuo para el consumo humano. Sin embargo, hoy en día el uso de OGM en la producción agrícola ponen en duda esa inocuidad. Por otro lado, Las semillas mejoradas de maíz ayudan aumentar los rendimientos de los cultivos, lo que ha provocado el desplazamiento paulatino del uso de semillas de variedades nativas de maíz para la producción en México.

Grandes capitales de empresas semilleras extranjeras han encontrado un nicho de mercado en México con la venta de semillas mejoradas a partir de las semillas nativas, lo que ha provocado el descontento de personas dedicadas a la labor del campo y organizaciones de la sociedad civil en nuestro país, quienes denuncian que estas empresas están saqueando y destruyendo la biodiversidad del maíz en México.

La LFFPMN surge como una institución de reciente creación que pretende dar una respuesta al reclamo de las personas que se dedican a la labor del campo y a las organizaciones civiles que buscan: la protección y el fomento del uso, consumo y distribución de las variedades nativas de maíz por encima de los híbridos o de los OGM. Para lo cual retoman los siguientes argumentos: 1) México es el centro de origen y diversidad del maíz, 2) El contenido nutricional y la inocuidad que ofrecen las variedades nativas, 3) La pérdida de la biodiversidad del maíz el cual representa un patrimonio ancestral para México. Por otro lado, factores como los bajos rendimientos en la producción de las variedades nativas no ayudan a resolver el problema.

Derivado de la presente investigación se concluye que: si bien el maíz nativo representa un patrimonio ancestral y riqueza cultural para México, no se puede desestimar, ni pormenorizar el apoyo que ofrece la ciencia con el desarrollo de

nuevas tecnologías que incrementen la producción agrícola (caso de los maíces híbridos).

Asimismo, el objetivo planteado en la investigación se cumplió y se logró medir el impacto de la LFFPMN como una institución que desincentiva el uso de semillas mejoradas en la producción de maíz, a través de un modelo de regresión lineal estimado por mínimos cuadrados ordinarios, el cual prevé que el usar o dejar de usar semillas mejoradas, puede traer consigo cambios significativos en la producción de maíz de 0.8976% por cada unidad porcentual que cambie la superficie sembrada con uso de semilla mejorada. Lo que valida la hipótesis planteada. La cual afirma que la formalización y entrada en vigor de una institución como es el decreto que crea la LFFPMN, puede impactar negativamente en el volumen de producción de maíz México si se pormenoriza el uso de semillas mejoradas, especialmente para el caso del maíz blanco, debido a que este cultivo representa el 89.27% de la producción total de maíz, con 24.47 (Mt) producidas en el año de 2020, de acuerdo con datos proporcionados por el SIAP.

Por lo tanto, la creación de instituciones protectoras del maíz debe buscar la máxima eficiencia al momento de su implementación, siempre anteponiendo el bien común y garantizando el acceso a los alimentos, para dar respuestas concretas a problemas reales como es la producción de alimentos, tratando de evitar leyes ambiguas que puedan dar una eventual delimitación del espacio físico en México que aisle o confine la siembra de maíces nativos, y deje campo abierto para que grandes capitales operen con el cultivo de maíz genéticamente modificado.

Por otro lado, si la intención es proteger las variedades de maíz nativo, el trabajo debe realizarse de forma conjunta con ayuda de científicos especialistas en la materia, la participación de la sociedad civil y la ayuda de organizaciones gubernamentales como el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), donde se puede llevar a cabo una caracterización de las variedades nativas de maíz y solicitar Títulos de Obtentor, que es un documento que reconoce quién obtuvo una nueva variedad vegetal. Ayudando así a dar

certeza jurídica y el derecho a utilizar las variedades de maíz nativo en forma exclusiva a los dueños originales. Cerrando puertas a los grandes capitales de empresas semilleras trasnacionales que buscan la explotación de la biodiversidad del maíz en México.

Por último, el desarrollo de bancos de germoplasma presenta una alternativa viable a la conservación de las variedades nativas. Sin embargo, estas ideas planteadas abren la puerta al desarrollo de nuevas investigaciones que ayuden de forma efectiva a la protección del maíz y que a su vez hagan una remembranza de la frase de nuestra querida Universidad Autónoma Chapingo:

“Enseñar la explotación de la tierra, no la del hombre”.

APÉNDICES

Apéndice. 1 Serie de datos Utilizados para elaboración de la figura 6.

Año	PM (Mton)	POB (Mhab)
1961	6.25	38.97
1962	6.34	40.20
1963	6.87	41.46
1964	8.45	42.77
1965	8.94	44.12
1966	9.27	45.52
1967	8.60	46.96
1968	9.06	48.43
1969	8.41	49.95
1970	8.88	51.49
1971	9.79	53.08
1972	9.22	54.69
1973	8.61	56.32
1974	7.85	57.97
1975	8.45	59.61
1976	8.02	61.24
1977	10.14	62.87
1978	10.93	64.49
1979	8.46	66.12
1980	12.37	67.76
1981	13.99	69.41
1982	10.12	71.06
1983	13.19	72.71
1984	12.79	74.35
1985	14.10	75.98
1986	11.91	77.60
1987	11.61	79.20
1988	10.59	80.79
1989	10.95	82.37
1990	14.64	83.94
1991	14.25	85.51
1992	16.93	87.08
1993	18.13	88.63
1994	18.24	90.16
1995	18.35	91.66
1996	18.02	93.15
1997	17.66	94.61
1998	18.45	96.06
1999	17.71	97.48
2000	17.56	98.90
2001	20.13	100.30
2002	19.30	101.68
2003	20.70	103.08
2004	21.67	104.51
2005	19.34	106.01
2006	21.89	107.56
2007	23.51	109.17
2008	24.32	110.82
2009	20.14	112.46
2010	23.30	114.09
2011	17.64	115.70
2012	22.07	117.27
2013	22.66	118.83
2014	23.27	120.36
2015	24.69	121.86
2016	28.25	123.33
2017	27.76	124.78
2018	27.17	126.19
2019	27.23	127.58
2020	27.42	128.93

Fuente: Producción de maíz en México PM (Mton) SIAP, 2022.
Población en México POB (M hab) Banco Mundial, 2022.

Apéndice. 2. Datos utilizados para elaboración de figuras 7-8 y cálculo de las TCMA (cuadro 3).

Año	Población (hab)	Vol. Produccion Maíz (ton)	Sup. Sembrada Maíz (ha)	Sup. Cosechada maíz (ha)	Sup. Siniestrada maíz (ha)	Rendimiento maíz (ton * ha ⁻¹)
1980	67,761,372	12,373,978.00	7,596,878.00	6,766,120.00	830,758.00	1.83
1981	69,407,624	13,994,059.00	8,699,852.00	7,668,685.00	1,031,167.00	1.82
1982	71,058,654	10,116,493.00	8,460,613.00	5,628,526.00	2,832,087.00	1.80
1983	72,709,299	13,186,703.00	8,447,620.00	7,420,505.00	1,027,115.00	1.78
1984	74,352,631	12,788,809.00	7,931,629.00	6,892,682.00	1,038,947.00	1.86
1985	75,983,485	14,103,454.00	8,365,957.00	7,589,537.00	776,420.00	1.86
1986	77,599,098	11,909,708.00	8,085,585.00	6,470,501.00	1,615,084.00	1.84
1987	79,200,081	11,606,945.00	8,286,466.00	6,804,274.00	1,482,192.00	1.71
1988	80,788,721	10,592,193.00	8,010,905.00	6,502,639.00	1,508,266.00	1.63
1989	82,368,931	10,952,847.00	7,564,263.00	6,469,702.00	1,094,561.00	1.69
1990	83,943,132	14,635,434.00	7,917,517.00	7,338,871.00	578,646.00	1.99
1991	85,512,623	14,251,472.00	7,730,028.00	6,946,821.00	783,207.00	2.05
1992	87,075,138	16,929,193.00	8,002,556.00	7,219,233.00	783,323.00	2.35
1993	88,625,440	18,125,263.00	8,247,607.00	7,428,225.00	819,382.00	2.44
1994	90,156,400	18,235,826.00	9,196,478.00	8,193,968.00	1,002,510.00	2.23
1995	91,663,285	18,352,856.00	9,079,636.00	8,020,392.00	1,059,244.00	2.29
1996	93,147,044	18,025,952.45	8,639,045.00	8,051,241.00	587,804.00	2.24
1997	94,611,002	17,656,258.00	9,133,074.00	7,406,061.00	1,727,013.00	2.38
1998	96,056,321	18,454,710.38	8,520,639.40	7,876,819.15	643,820.25	2.34
1999	97,484,832	17,706,375.63	8,495,875.54	7,162,702.24	1,333,173.30	2.47
2000	98,899,845	17,556,905.24	8,444,794.45	7,131,180.74	1,313,613.71	2.46
2001	100,298,153	20,134,312.10	8,396,878.86	7,810,846.86	586,032.00	2.58
2002	101,684,758	19,297,754.79	8,270,939.26	7,118,918.04	1,152,021.22	2.71
2003	103,081,020	20,701,420.03	8,126,821.25	7,520,917.73	605,903.52	2.75
2004	104,514,932	21,685,833.34	8,403,640.35	7,696,421.83	707,218.52	2.82
2005	106,005,203	19,338,712.89	7,978,603.37	6,605,614.33	1,372,989.04	2.93
2006	107,560,153	21,893,209.25	7,807,340.16	7,294,842.04	512,498.12	3.00
2007	109,170,502	23,512,751.85	8,117,368.31	7,333,276.84	784,091.47	3.21
2008	110,815,271	24,410,278.53	7,942,285.23	7,344,345.64	597,939.59	3.32
2009	112,463,887	20,142,815.76	7,726,109.60	6,223,046.54	1,503,063.06	3.24
2010	114,092,963	23,301,878.98	7,860,705.49	7,148,045.77	712,659.72	3.26
2011	115,695,473	17,635,417.30	7,750,301.19	6,069,091.63	1,681,209.56	2.91
2012	117,274,155	22,069,254.42	7,372,218.19	6,923,899.73	448,318.46	3.19
2013	118,827,161	22,663,953.35	7,487,399.02	7,095,629.69	391,769.33	3.19
2014	120,355,128	23,273,256.54	7,426,412.19	7,060,274.67	366,137.52	3.30
2015	121,858,258	24,694,046.25	7,600,452.58	7,099,723.80	500,728.78	3.48
2016	123,333,376	28,250,783.31	7,761,216.74	7,598,086.44	163,130.30	3.72
2017	124,777,324	27,762,480.90	7,540,942.12	7,327,501.43	213,440.69	3.79
2018	126,190,788	27,169,399.83	7,366,967.47	7,122,562.04	244,405.43	3.81
2019	127,575,529	27,228,242.42	7,157,586.88	6,690,449.47	467,137.41	4.07
2020	128,932,753	27,424,527.55	7,472,356.82	7,156,391.29	315,965.53	3.83

Fuente: Poblacion: obtenida de la base de datos del Banco Mundial, 2022

Volumen de produccion, Sup. Sembrada, Sup. Cosechada, Sup siniestrada y Rendimiento maíz obtenidas del SIAP, 2022.

Apéndice. 3 Base de datos del modelo y fuentes de obtención.

Año	PM (Mton)	PMB (Mton)	PMA (Mton)	S_SIN (ha)	P_SS_USM (ha)	POB (hab)	PA (mm)	CO ₂ _PC (ton)	CO ₂ _MEX (Mton)	UAI (ton)
2001	20.13	19.77	0.37	586,032.00	2,656,005.64	100,298,152	705	3.78	378.83	4720.06
2002	19.30	18.57	0.73	1,152,021.22	2,789,835.38	101,684,764	728	3.80	386.00	3053.67
2003	20.70	20.07	0.63	605,903.52	2,831,013.76	103,081,020	791	3.93	404.69	4105.84
2004	21.69	20.62	1.06	707,218.52	2,903,075.93	104,514,934	844	3.96	414.10	4809.77
2005	19.34	18.01	1.33	1,372,989.04	3,016,316.48	106,005,199	741	4.08	432.19	5948.28
2006	21.89	20.17	1.72	512,498.12	3,088,378.65	107,560,155	819	4.17	448.30	6122.50
2007	23.51	21.94	1.57	784,091.47	3,304,565.16	109,170,503	832	4.19	457.12	8430.76
2008	24.41	22.84	1.57	597,939.59	3,417,805.71	110,815,272	869	4.15	459.55	7798.05
2009	20.14	18.43	1.71	1,503,063.06	3,335,448.94	112,463,886	649	3.99	448.37	8067.44
2010	23.30	21.28	2.02	712,659.72	3,356,038.13	114,092,961	938	4.06	462.87	8268.01
2011	17.64	15.94	1.69	1,681,209.56	2,995,727.29	115,695,468	697.1	4.13	478.40	9555.13
2012	22.07	20.30	1.77	448,318.46	3,283,975.97	117,274,156	742.34	4.15	486.45	11625.31
2013	22.66	20.43	2.23	391,769.33	3,283,975.97	118,827,158	920.51	4.00	475.74	11611.05
2014	23.27	20.85	2.42	366,137.52	3,397,216.52	120,355,137	830.8	3.84	462.24	10045.86
2015	24.69	21.33	3.37	500,728.78	3,582,519.24	121,858,251	872	3.87	471.63	9547.07
2016	28.25	24.70	3.56	163,130.30	3,829,589.53	123,333,379	744.08	3.84	473.31	8001.41
2017	27.76	24.65	3.11	213,440.69	3,901,651.70	124,777,326	781.6	3.78	471.58	11174.26
2018	27.17	23.67	3.50	244,405.43	3,922,240.89	126,190,782	803.7	3.59	452.57	12990.86
2019	27.23	23.90	3.33	467,137.41	4,189,900.37	127,575,529	718.3	3.52	449.27	12305.14
2020	27.42	24.48	2.95	315,965.53	3,942,830.08	128,932,753	722.5	3.05	393.24	9627.67

VARIABLE	DEP O IND	ABREVIATURA	DESCRIPCION	FUENTE
Maíz	DEP.	PM (Mton)	Producción de maíz	SIAP
	IND.	PMB (Mton)	Producción de maíz blanco	SIAP
	IND.	PMA (Mton)	Producción de maíz amarillo	SIAP
	IND.	S_SIN (ha)	Superficie siniestrada de maíz	SIAP
	IND.	P_SS_USM (Ha)	Proporción de superficie sembrada con uso de semilla mejorada	Proporción calculada con datos del SIAP , bajo la logiaca que se explica en la seccion de metodos.
Poblacional	IND.	POB (hab)	Número de habitantes	Banco mundial
Agua	IND.	PA (mm)	Precipitación anual	CONAGUA SMN
Cambio climático	IND.	CO ₂ (Mton m)	Emisiones de CO ₂ anual total en México	producto de = CO ₂ _PC * POB.
Agroquimicos pesticidas	IND.	UAI (ton)	Uso de agrícola de insecticidas en México	FAOSTAT

Apéndice. 4 Script del modelo en R

```
#Script para estimar los coeficientes del modelo de MCO para producción de maíz
rm(list = ls()) #Esta línea sirve para borrar el contenido en el area de ambiente
options(scipen=999) #Esta línea sirve para evitar la notacion científica

install.packages("tidyverse") #
install.packages("readxl") #
install.packages("dplyr") #
install.packages("lmtest") # Estas lineas sirven para instalar paquetes en R
install.packages("stargazer") #
install.packages("tseries") #
install.packages("car") #

library(tidyverse) #
library(readxl) #
library(dplyr) #
library(lmtest) # Estas lineas instalan librerias
library(stargazer) #
library(tseries) #
library(car) #

setwd("C:/Users/Eder/Desktop/DG Chico/modelo R") #Definimos el directorio de trabajo
BD_MAIZ <- read_excel("BD_MAIZ.xlsx") #Definimos la base de Datos del modelo
View(BD_MAIZ) #visualizamos la base de datos en un db grid
summary(BD_MAIZ) #pedimos un resumen de la base de datos

LIMPIA<- mutate(BD_MAIZ,LNPM=log(PM)) #
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNP_SS_USM=log(P_SS_USM)) #
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNPA=log(PA)) #
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNPT=log(PT)) #
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNCO2_MEX=log(CO2_MEX)) # Creamos variables en logaritmos
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNUAN=log(UAN)) # y los asignamos a la base de datos
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNUAH=log(UAH)) #
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNS_SIN=log(S_SIN)) #
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNPND=log(PND)) #
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNPPD=log(PPD)) #
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNPKD=log(PKD)) #
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNDAUA=log(DAUA)) #
LIMPIA<- mutate(LIMPIA,LNCO2_PC=log(CO2_PC)) #

reg12 <- lm(LNPM ~ LNP_SS_USM + LNPA + LNCO2_MEX + UAI + LNS_SIN, # se corre regresion del modelo
data = LIMPIA)

summary(reg12) #se pide resumen del modelo
vif(reg12) # se pide el test factor de inflacion de la varianza
dwtest(reg12) # se corre el test Durbin-Watson
jarque.bera.test(resid(reg12)) # se corre el test Jarque-Bera
bptest(reg12) # se corre test Breusch-Pagan

modelos <- list(reg12) #se presentan resultados de la regresion del modelo
```

Apéndice. 5 Salida del modelo en R

```
Call:
lm(formula = LNPM ~ LNP_SS_USM + LNPA + LNCO2_MEX + UAI + LNS_SIN,
    data = LIMPIA)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.028610 -0.016393 -0.003632  0.014444  0.053961

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -9.399e+00  1.528e+00  -6.152 2.51e-05 ***
LNP_SS_USM   8.976e-01  8.250e-02  10.881 3.25e-08 ***
LNPA         2.378e-01  6.571e-02   3.619  0.00279 **
LNCO2_MEX    -2.120e-01  1.131e-01  -1.874  0.08199 .
UAJ          -1.013e-05  3.932e-06  -2.575  0.02200 *
LNS_SIN      -8.742e-02  1.249e-02  -6.997 6.27e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0245 on 14 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9766,    Adjusted R-squared:  0.9683
F-statistic: 117 on 5 and 14 DF,  p-value: 6.574e-11
```

```
> vif(reg12)
LNP_SS_USM      LNPA  LNCO2_MEX      UAI      LNS_SIN
 3.558399  1.325320  2.341665  4.040069  1.980802
> dwtest(reg12)

Durbin-Watson test

data:  reg12
DW = 2.0166, p-value = 0.2518
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

```
> jarque.bera.test(resid(reg12))

Jarque Bera Test

data:  resid(reg12)
X-squared = 2.6917, df = 2, p-value = 0.2603
> bptest(reg12)

studentized Breusch-Pagan test

data:  reg12
BP = 1.802, df = 5, p-value = 0.8758
```