



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO EN SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

**ECONOMÍA**

## **IMPACTO DEL PROGRAMA DE FERTILIZANTES EN EL MERCADO DE MAÍZ EN EL ESTADO DE CHIAPAS**

**YANET GÓMEZ MARTÍNEZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

**2020.**

La presente tesis titulada: **IMPACTO DEL PROGRAMA DE FERTILIZANTES EN EL MERCADO DE MAIZ EN EL ESTADO DE CHIAPAS** realizada por la alumna: **Yanet Gómez Martínez** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

**ECONOMÍA**

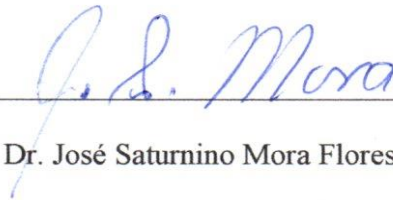
CONSEJO PARTICULAR



CONSEJERO

Dr. José Alberto García Salazar

ASESOR



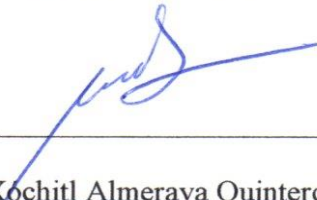
Dr. José Saturnino Mora Flores

ASESORA



Dra. Mercedes Borja Bravo

ASESORA



Dra. Xóchitl Almeraya Quintero

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2020

# **IMPACTO DEL PROGRAMA DE FERTILIZANTES EN EL MERCADO DE MAÍZ EN EL ESTADO DE CHIAPAS**

Yanet Gómez Martínez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2020

## **RESUMEN**

Con el objetivo de medir el impacto del Programa de Fertilizantes sobre la producción y el consumo de maíz en el estado de Chiapas, se utilizó un modelo de equilibrio espacial aplicado al mercado de maíz en la entidad en 2018. Para medir los beneficios de la implementación de la política se calcularon los excedentes al productor y consumidor con y sin el Programa de Fertilizantes. Los resultados indican que la aplicación del programa elevaría la producción y el consumo de maíz en 171 y 115 mil toneladas, lo que representaría un aumento de 13 y 8.3 %, respecto al modelo base en donde no existe un programa. Los excedentes al productor y consumidor aumentarían en 6 y 4.5 millones de pesos lo que representaría un aumento de más de 10 millones de pesos en el bienestar de la sociedad en la entidad. Los efectos positivos sobre productores y consumidores de maíz implican que la política se debería hacer extensa en todas aquellas regiones que tienen el potencial para incrementar la producción por la vía de los rendimientos. El programa tiene efectos positivos en el mercado de maíz por el aumento en la producción, en el consumo de maíz y en el bienestar de la sociedad.

**Palabras clave:** mercado de maíz, Programa de Fertilizantes, excedente al productor.

**MEASURING THE BENEFITS OF THE FERTILIZER PROGRAM  
IN THE MAIZE MARKET IN THE STATE OF CHIAPAS**

Yanet Gómez Martínez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2020

**ABSTRACT**

With the objective of measuring the impact of the Fertilizer Program on the production and consumption of corn in the state of Chiapas, a spatial equilibrium model was applied to the corn market in the state in 2018 was used. To measure the benefits of the implementation of the policy, surpluses were calculated for the producer and consumer with and without the Fertilizer Program. The results indicate that the application of the program would increase production and consumption of corn by 171 and 115 thousand tons; which would represent an increase of 13 and 8.3%, with respect to the base model where there is not Fertilizer Program. Producer and consumer surpluses would increase by 6 and 4.5 million pesos, which would represent an increase of more than 10 million pesos in the society's welfare in the state. The positive effects on corn producers and consumers imply that the policy should be extended in all regions that have the potential to increase production via yield. The Fertilizer Program has positive effects on the corn market due to the increase in corn production, consumption, and the welfare of society.

**Keywords:** corn market, Fertilizer Program, producer surplus

## AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por otorgarme una beca para solventar mis gastos durante los dos años de maestría.

Al **Colegio de Postgraduados** por haberme brindado la oportunidad y aceptarme como estudiante y forjarme como investigador.

Al **Dr. José Alberto García Salazar** por aceptarme como aconsejada, compartir sus valiosos conocimientos durante la formación y por la infinita paciencia en la realización de la tesis.

A los que integraron el consejo particular **Dr. José Saturnino Mora Flores, Dra. Mercedes Borja Bravo y Dra. Xóchitl Almeraya Quintero** por su dedicación, tiempo para la revisión y sugerencia de la presente tesis.

## DEDICATORIA

A mí

A mis padres

A mi hijo

A mi compañero de vida

A mis hermanos

A mis amigos...

Por su amor incondicional, infinitas  
gracias...

## CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>x</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	1
1.3 Objetivos .....	5
1.4 Hipótesis.....	5
1.5 Metodología .....	5
<b>CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO III. SITUACIÓN DEL MERCADO DE MAIZ .....</b>	<b>12</b>
3.1 Situación mundial del maíz .....	12
3.1.1 Superficie cosechada de maíz .....	12
3.1.2 Volumen y valor de producción de maíz.....	13
3.1.3 Exportaciones .....	15
3.1.4 Importaciones .....	16
3.2 Situación nacional del maíz .....	18
3.2.1 Superficie sembrada .....	18
3.2.2 Producción por ciclo agrícola y régimen hídrico .....	20
3.2.3 Volumen y valor de la producción .....	21
3.2.4 Disponibilidad mensual de la producción de maíz.....	23
3.2.5 Destino de la producción nacional .....	23
<b>CAPÍTULO V. FORMULACIÓN DEL MODELO .....</b>	<b>25</b>
5.1 Formulación del modelo de distribución espacial.....	25
5.1.1 Regiones consideradas en el modelo .....	25
5.2 Formulación del modelo.....	26
5.3 Datos y fuentes de información.....	27
5.3.1 Producción.....	27

5.3.2 Precios al productor, precios al consumidor y precios del fertilizante.....	28
5.3.3 Consumo.....	28
5.3.4 Costos de transporte .....	29
<b>CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>35</b>
7.1 Conclusiones .....	35
7.2 Recomendaciones.....	37
<b>CAPITULO VIII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>42</b>
ANEXO A.....	42
ANEXO B.....	45



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1 Producción, superficie y rendimiento de maíz en Chiapas, 2008-2018.....	2
Cuadro 3.1 Superficie cosechada mundial por cultivo, 2018. Hectáreas.....	12
Cuadro 3.2 Superficie cosechada de maíz por país, 2018. Hectáreas.....	13
Cuadro 3.3 Volumen de Producción de maíz por país, 2018. Toneladas. ....	14
Cuadro 3.4 Valor de la Producción de maíz por país, 2018. Millones de dólares.....	15
Cuadro 3.5 Exportaciones de maíz por país,2018. Toneladas. ....	16
Cuadro 3.6 Importaciones de maíz por país, 2018. Toneladas... ..	17
Cuadro 3.7 Superficie sembrada, cosechada, Rendimiento; Producción de maíz del 2018... ..	19
Cuadro 3.8 Superficie sembrada, cosechada y Producción de maíz por régimen hídrico del año 2018.....	20
Cuadro 3.9 Principales productores de maíz por ciclo, 2018. Toneladas... ..	21
Cuadro 3.10 Volumen y valor de la producción de maíz por estado, 2018. Cifras en toneladas y miles de pesos... ..	22
Cuadro 6.1 Validación del modelo de maíz en Chiapas. Miles de toneladas. ....	30
Cuadro 6.2 Efectos del programa de fertilizantes en el mercado de maíz en Chiapas. ....	32
Cuadro 6.3 Efecto del programa de fertilizantes sobre el bienestar. Millones de pesos.....	34

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Disponibilidad Mensual de maíz en México, 2018. ....	23
Figura 3.1 Regiones del estado de Chiapas. ....	25

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Por ser un alimento básico que conforma la dieta de los consumidores urbanos y rurales, el maíz (*Zea mays* L.) tiene importancia económica, social y cultural en el estado de Chiapas. El grano se produce en los dos ciclos de producción: Primavera-Verano (PV) y Otoño- Invierno (OI).

En el estado de Chiapas, el maíz es cultivado en 665 mil hectáreas, ocupando el 80 % de la superficie agrícola de la entidad. La actividad maicera genera un valor bruto de 4,500 millones de pesos de acuerdo a datos reportados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2018b). De acuerdo a Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2019), el maíz grano es el cultivo que más valor económico genera en el sector agrícola de México y su importancia nacional va más allá de la producción.

Información reportada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018), indica que, a nivel mundial, el maíz es el segundo cereal más importante teniendo una participación del 26.6 % en la superficie sembrada. Los principales países productores de dicho cereal son China, Estados Unidos y Brasil con 21.7 %, 17.1 % y 8.3 % de la superficie cosechada, respectivamente. México se posiciona en el sexto lugar con una contribución del 3.7 % en la superficie cosechada a nivel mundial.

## 1.2 Planteamiento del problema

De acuerdo con datos del SIAP (2018b), en el periodo 2008-2010/2016-2018 la producción de maíz en el estado de Chiapas registró una caída de -11.6 % al pasar de 1,625 a 1,148 mil toneladas, lo que representó un decremento medio anual de -0.12 %. La causa de la

caída en la producción fue el descenso de la superficie, pero sobre todo la disminución en el nivel de rendimiento. Durante el periodo la superficie cosechada disminuyó en -1.9 %; en tanto que el rendimiento cayó en -9.9 % al pasar de 2.3 a 1.8 toneladas por hectárea, como se muestra en el Cuadro 1.1.

**Cuadro 1.1 Producción, superficie y rendimiento de maíz en Chiapas, 2008-2018.**

Año	Producción	Superficie	Rendimiento	Valor
	miles de t	Ha	t ha <sup>-1</sup>	\$ t <sup>-1</sup>
2008	1,625	693	2.3	4,487
2009	1,218	685	1.8	3,697
2010	1,394	687	2.0	4,348
2011	1,554	706	2.2	6,210
2012	1,405	705	2.0	5,523
2013	1,529	701	2.2	4,858
2014	1,188	664	1.8	3,830
2015	1,068	658	1.6	3,843
2016	1,302	684	1.9	4,699
2017	1,297	690	1.9	4,675
2018	1,148	651	1.8	4,500
Promedio 2008-2010	1,413	688	2.1	4,178
Promedio 2016-2018	1,249	675	1.8	4,624
TC 2008-2010/2016-2018	-11.6	-1.9	-9.9	10.7
TCMA 2008-2010/2016-2018	-0.12	-0.02	-0.10	0.11

TC= Tasa de crecimiento en el periodo; TCMA=Tasa de crecimiento media anual.

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2018).

En el año 2008 el estado de Chiapas se posicionaba en cuarto lugar dentro de los principales productores de maíz en México; no obstante, en los últimos años la producción en la entidad ha disminuido debido al comportamiento decreciente del rendimiento durante el periodo

2008-2019, con un crecimiento medio anual del -0.10 %. La problemática de disminución en la producción que enfrenta la entidad involucra factores sociales, tecnológicos, económicos, climáticos y de tipo organizativo.

En atención a la problemática que se ha señalado anteriormente, el Gobierno Federal plantea, a través del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, la entrega de fertilizantes con la finalidad de elevar la productividad en el campo (SEGOB, 2019a). El uso de fertilizantes en la agricultura se visualiza como el mecanismo para incrementar el rendimiento de los cultivos y tener una mayor producción agrícola (SADER, 2019).

Evidencia empírica reporta el uso de tecnologías modernas que incluyen el uso de riego, semillas mejoradas, plaguicidas y fertilizantes tienen un efecto positivo en la productividad por unidad de superficie. En un estudio realizado por (Medina *et al.* 2018), evaluó el rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche; los resultados arrojaron que el maíz fertilizado registró una productividad más alta (0.73), siendo más baja (0.61) para el maíz no fertilizado. El grado de importancia del uso de la tecnología en la agricultura es importante tanto que el Instituto Mexicano de los Fertilizantes está realizando pruebas comerciales en la región del Bajío para demostrar los beneficios de la utilización del amoníaco anhidro diluido en sistemas de fertirriego junto con fertilizantes fosfatados y potásicos para lograr máximos rendimientos de maíz para silo como para grano (Ferrat, 2020).

Algunos autores como Aguilar *et al.* (2016), mencionan que para lograr un aumento en la productividad por hectárea en el cultivo del maíz se necesita una gran inversión en fertilización y que la fuente de nutriente para elevar el rendimiento del grano proviene principalmente del nitrógeno.

Otros autores como Barbieri y Saínz (2018), señalan que el uso del fertilizante es importante, pero que la cantidad aplicada no lo es todo; el momento de la aplicación, el método de colocación en el suelo y la fuente deben ser adecuados, de tal manera que se maximice el rendimiento del grano y se minimicen las pérdidas de nutrientes al medio ambiente.

El rendimiento está relacionado directamente con el uso de los insumos tales como la semilla mejorada, los fertilizantes y uso de agroquímicos, que juegan un papel esencial y que junto con la asistencia técnica permiten un mejor resultado en la productividad y consecuentemente en la producción (Ramírez *et al.*, 2020).

La modernización del campo en la región Sureste del país es necesaria, y subsidios como el proporcionado a través del Programa de Fertilizantes tendría efectos positivos en el sector para estimular la producción y la competitividad a nivel nacional.

Por las razones anteriores, en el presente estudio se evaluó el impacto del Programa de Fertilizantes en el mercado del maíz en el estado de Chiapas. Algunos estudios demuestran que el uso adecuado de los fertilizantes en el proceso productivo del maíz aumenta el rendimiento y, por lo tanto, se tiene un efecto positivo en la producción del grano. La presente investigación midió los efectos que el Programa de Fertilizantes tiene en las principales variables del mercado de maíz, como la producción y el consumo, así como en el bienestar de la sociedad. Los resultados obtenidos para el estado de Chiapas permitirán dar recomendaciones de política relativas a la implementación de la política a nivel nacional.

### **1.3 Objetivos**

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar el impacto del Programa de Fertilizantes en el mercado de maíz en el estado de Chiapas.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- a. Medir los efectos del programa de fertilizantes en la producción y el consumo de maíz en el estado de Chiapas.
- b. Estimar el excedente del productor y del consumidor con y sin la implementación del Programa de Fertilizantes.
- c. Dar recomendaciones de políticas relativas a la implementación a nivel nacional de la política de fertilizantes.

### **1.4 Hipótesis**

Las hipótesis de la presente investigación son las siguientes:

- a. Existe una relación directa entre la oferta de maíz y el uso de fertilizantes y, por lo tanto, el Programa de Fertilizantes incentivará la producción del grano en el estado de Chiapas.
- b. La aplicación del Programa de Fertilizantes tendrá efectos positivos en el bienestar de la sociedad a través de los cambios en los excedentes al productor y al consumidor.

### **1.5 Metodología**

Para alcanzar los objetivos de la investigación se formuló y se obtuvo la solución de un modelo de equilibrio espacial aplicado al mercado de maíz en el estado de Chiapas. La

formulación del modelo se basó en Takayama y Judge (1971) y en trabajos empíricos realizados para cultivos y regiones agrícolas de México (García, 2005).

Se utilizó información a nivel regional para obtener la solución del modelo. La producción y los precios provinieron directamente de fuentes secundarias como (SIAP, 2018b), y, otras, como el consumo, fueron estimadas usando datos de la población de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del año 2010 e INEGI 2015. posteriormente se realizó un pronóstico de la población al año 2018. Se estimó sumando el consumo estatal en los sectores urbano, rural, pecuario e industrias de elaboración de alimentos balanceados y elaboración de harina de maíz con datos de INEGI del año 2014. El Consumo estatal pecuario por municipio se estimó usando datos sobre inventario ganadero por especie (ganado bovino, porcino y aves) y pesos por especie; la información provino de SIAP (2018a). El consumo municipal de la industria de elaboración de alimentos balanceados y elaboración de la harina de maíz se obtuvo ponderando el consumo estatal de dichas industrias, por la participación de cada región en el valor de la producción del estado de SIAP (2018b).

Tanto el precio del productor como el del consumidor se obtuvieron con datos del SIAP del 2018; el precio del consumidor se estimó sumando el precio al productor más los costos de transporte de llevar maíz de la zona productora  $j$  a la zona consumidora  $i$ .

Los costos de transporte se calcularon utilizando matrices de distancias (camión) que conectan las zonas productoras y las zonas consumidoras, La información sobre distancias se obtuvo de la Secretaria de Comunicaciones y transportes (SCT) del año 2018.



El modelo requirió funciones de oferta y demanda de maíz y las ordenadas y pendientes de las funciones de oferta y demanda fueron estimadas usando datos de elasticidades precio de la oferta y demanda de (Espejel, 2018).

El modelo de equilibrio espacial necesitó dividir la entidad en regiones productoras y consumidoras de maíz; en este caso el estado de Chiapas se dividió en nueve regiones productoras y consumidoras de maíz: región Centro (integrada por 22 municipios), Altos (18), Fronteriza (9), La Frailesca (5), Norte (23), Selva (14), Sierra (8), Soconusco (16) e Istmo-Costa (3).

Se realizaron dos escenarios. a) El primer escenario permitió modelar la situación del mercado de maíz en el año 2018, en donde no existe el Programa de fertilizantes; b) el segundo escenario considera la existencia del programa, lo que implica que el fertilizante que usa el productor es proporcionado por el gobierno en especie.

La solución del modelo se obtuvo usando el lenguaje de programación GAMS (General Algebraic Modeling System).

## CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

La agricultura enfrenta grandes retos y uno de ellos es abastecer la creciente demanda de alimentos, entre ellos el maíz. Los sectores que consumen maíz grano son la población humana en primer lugar, seguido del sector pecuario en donde la mayoría de las especies ganaderas son consumidoras de maíz grano. El sector industrial, a través de las industrias de alimentos balanceados, cereales, harina, almidones y féculas es otro de los principales consumidores de maíz.

A partir de la década de los 60's del siglo pasado, la producción de alimentos a nivel mundial se ha incrementado continuamente, debido al uso de diversos insumos y técnicas de producción, entre ellas los fertilizantes. Se calculó que de 1950 a 2010 los rendimientos en los cereales como el maíz, el trigo (*Triticum aestivum*) y el arroz (*Oryza sativa*) se triplicaron, y en algunos casos incluso se cuadruplicaron (FAO, 2013, 2015; Schoijet, 2005).

Un informe publicado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) proyectó que el consumo humano per cápita de cereales y tubérculos aumentaría al menos 2 % en los próximos 10 años; la demanda de maíz crecería en 164 millones de toneladas en el período 2018-2027, lo que representaría el 46% del crecimiento de la demanda. Para el arroz y el trigo se espera que el crecimiento de la demanda en el período 2018-2027 sea de 97 millones de toneladas de demanda adicional de trigo y 66 millones de toneladas de demanda adicional de arroz, la mayor parte para uso alimenticio (OCDE/FAO, 2019); esta proyección sobre el incremento en el consumo de granos básicos pone de manifiesto la necesidad de aumentar la producción agrícola para satisfacer su demanda.

Con la finalidad de estimular el crecimiento de la producción para enfrentar el aumento de la demanda, en la mayoría de los países se continúa incentivando el uso de fertilizantes en la agricultura a través de diversos programas de apoyo. Canadá cuenta con diferentes programas agrícolas como los seguros y la estabilización de ingresos, así como de los descuentos aplicados por los gobiernos federal y de las provincias a los impuestos, combustibles, fertilizantes e insumos fitosanitarios, entre los más importantes (Olona, 2015).

En los Estados Unidos, el Departamento de Agricultura (USDA) a través del programa Farm Operative Loans ofrece créditos a corto plazo otorgados por prestamistas privados a productores con altos riesgos para financiar algunos costos, entre ellos los asociados a la adquisición de los fertilizantes; un caso similar se presenta en Brasil, donde a través de su Programa de Crédito Rural se otorgan subsidios a productores con tasas preferenciales (Bohórquez , 2006).

En 2015, la Asociación Internacional de Fabricantes de Fertilizantes (IFA) presentó un documento (Short-Term Fertilizer Outlook 2014-2015), en donde se reporta que más del 50% de los fertilizantes utilizados en la agricultura mundial se encontraban subsidiados; destaca el caso de 20 países del África Subsahariana, (IFA, 2015).

En el reporte de perspectivas de ventas 2019-2023 la IFA indica que en la India existen subsidios gubernamentales para la adquisición de fertilizantes y que el gobierno tenía planeada la continuidad de los subsidios depositando el apoyo en una cuenta personal para cada beneficiario (IFA, 2019).

Las políticas agrícolas de India se orientan por planes quinquenales, el último de las cuales es el doceavo (2012-2017); en dicho plan se diseñaron una serie de programas de

suministro que contemplaron subsidios para fertilizantes, riego, electricidad y crédito agrícola, junto con inversiones en riego para fomentar mayores rendimientos y una mayor producción. Se estableció una gama de precios de garantía para cubrir los costos y mejorar la rentabilidad de los agricultores, dentro de este plan el subsidio a los fertilizantes representa aproximadamente 37 % del total de subsidios que el gobierno proporcionó a la agricultura (OCDE/FAO, 2014).

En México el uso de fertilizantes para la producción agrícola se incrementó de manera considerable a partir de 1961 con la entrega de subsidios del gobierno para su adquisición. Actualmente complementan la atención a los productores los programas que apoyan la competitividad, mediante subsidios para la adquisición de insumos básicos, como fertilizantes químicos y biológicos (SEGOB, 2019).

Durante el periodo 1995-2004, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) destinó 3,334 millones de dólares anuales en promedio, al funcionamiento de programas como PROCAMPO cuyo presupuesto en ese período correspondía al 36 % del monto total de los recursos destinados al sector agrícola (Bohórquez, 2006), de este porcentaje una parte se destinaba a subsidios que recibía el productor para la compra de fertilizantes (García *et al.*, 2018).

El manejo integral y eficiente de los suelos se ha convertido en la mejor opción para incrementar la producción en la agricultura, los fertilizantes proporcionan nutrientes a las plantas y mejoran los suelos, con su uso se mejora el rendimiento de la producción y asegura la calidad de los alimentos. Actualmente, el uso de fertilizantes es responsable de 50 % del suministro mundial de alimentos (SIAP, 2013).

Estimaciones del Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP) indican que de los 22 millones de hectáreas cultivadas en el sector agrícola de México, solo un 68% usa fertilizantes; es decir, 15 millones de hectáreas (SIAP, 2013 y CEDRSSA, 2019). Ya que el alto costo de los insumos como el fertilizante no es accesible para los todos los productores por la escasez de recursos económicos para adquirirlos. Frente a esto, el Programa de Fertilizantes propone una intervención consecuente con el problema observado. Para la operatividad del programa de Fertilizantes se tomaron como referentes para la selección de beneficiarios los padrones del programa de fomento a la agricultura (PROAGRO) Productivo y el Programa de Incentivos para Productores de Maíz y Frijol ( PIMAF) en el estado de Guerrero de acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2020).

En relación con su cobertura, para el año 2019 el programa de fertilizantes cuyo objetivo fue Aumentar la disponibilidad oportuna de fertilizantes químicos y biológicos para contribuir a la productividad agrícola contempló atender localidades de alto y muy alto grado de marginación dando prioridad a la Región Sursureste, la cual comprende los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Quintana Roo, Oaxaca, Tabasco, Yucatán y Veracruz. Sin embargo, en ese año el programa concentró todas sus acciones en el estado de Guerrero. El monto máximo de apoyo de hasta 450 kilogramos de fertilizante por ha, sin rebasar 3 ha por productor (SEGOB, 2019b).

Para el año 2020 las Reglas de operación del programa de fertilizantes propone incrementar la producción de cultivos prioritarios en productores de pequeña escala, es decir, se limita a elevar los volúmenes de cosecha de los cultivos seleccionados, los estados que se atenderá son: Guerrero y zonas de atención estratégica como el Estado de Morelos, Puebla, Tlaxcala y Estado de México. El monto máximo de apoyo se reduce a 600 kilogramos por productor (SEGOB, 2020).

## CAPÍTULO III. SITUACION DEL MERCADO DE MAIZ

### 3.1 Situación mundial del maíz

#### 3.1.1 Superficie cosechada de maíz

De acuerdo con la clasificación del grupo de cereales de la FAO (2018), a nivel mundial se destina 727.8 millones de hectáreas de superficie cosechada, de los cuales el trigo tiene una extensión de 214.2 millones de hectáreas, lo que representa el 29.4 % de la superficie mundial total. El segundo cultivo en importancia es el maíz con 193.7 millones de hectáreas y participa con el 26.6 %, mientras que al arroz se destina el 22.9 % de la superficie que se cultiva en el planeta (Cuadro 3.1); de manera conjunta los tres cultivos anteriores tienen una participación del 79 % en la superficie global, ya que son los principales alimentos del mundo, esto deja de manifiesto la gran importancia que tienen los tres cereales en la alimentación de la población mundial.

**Cuadro 3.1 Superficie cosechada mundial por cultivo, 2018. Hectáreas.**

Lugar	Cultivos	Superficie Cosechada (Ha)	%
1	Trigo	214,289,286	29.4
2	Maíz	193,733,626	26.6
3	Arroz	166,861,117	22.9
4	Cebada	47,928,610	6.6
5	Sorgo	42,141,803	5.8
6	Mijo	33,559,832	4.6
7	Avena	9,846,086	1.4
8	Cereales Nep	6,006,532	0.8
9	Centeno	4,117,397	0.6
10	Triticale	3,809,193	0.5
11	Otros cereales	5,522,186	0.8
<b>Total</b>		<b>727,815,668</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2018).

Los datos anteriores indican que el cultivo de maíz en uno de los más importantes en la alimentación humana. En año 2018 la superficie mundial cultivada con maíz fue de 194 millones de ha, de los cuales China fue el principal productor con 42 millones de ha, seguido de Estados Unidos con 33 millones de hectáreas y Brasil con 16 millones de hectáreas, en términos porcentuales la participación fue del 21.7, 17.1 y 8.3 % respectivamente. México dedica al cultivo de maíz más de 7 millones de hectáreas, lo que representa el 3.7 % de la superficie mundial, posicionándose así en el sexto lugar global (Ver Cuadro 3.2).

**Cuadro 3.2 Superficie cosechada de maíz por país, 2018. Hectáreas.**

Lugar	País	Superficie cosechada (Ha)	%
1	China	42,130,050	21.75
2	Estados Unidos de América	33,079,360	17.07
3	Brasil	16,121,147	8.32
4	India	9,200,000	4.75
5	Argentina	7,138,620	3.68
6	México	7,122,710	3.68
7	Indonesia	5,680,360	2.93
8	Nigeria	4,853,349	2.51
9	Ucrania	4,564,200	2.36
10	Tanzania	4,100,571	2.12
11	Resto del mundo	59,743,259	30.84
Total		193,733,626	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2018).

### 3.1.2 Volumen y valor de producción de maíz

Si bien los países en vías de desarrollo destinan una mayor superficie al cultivo del maíz que los países desarrollados, estos últimos obtienen rendimientos muy superiores, debido a la

incorporación de mejoras genéticas, a la adopción de técnicas eficientes y al empleo de fertilizantes. De acuerdo con datos reportados por la FAO, en el año 2018 la producción mundial de maíz fue de 1,147 millones de toneladas. Estados Unidos y China son los países que aportaron los mayores volúmenes de producción en el mundo, pues ambos contribuyeron con el 56.6 % de la producción mundial. Brasil y Argentina contribuyen con el 11 % de la oferta global y junto con los Estados Unidos, son dos de los principales países exportadores del grano en el mundo. México se posicionó en el noveno lugar, con una producción de 27 millones de toneladas, aportando el 2.4 % a la producción mundial (Cuadro 3.3).

**Cuadro 3.3 Volumen de Producción de maíz por país, 2018. Toneladas.**

Lugar	País	Producción (Ton)	%
1	Estados Unidos de América	392,450,840	34.2
2	China	257,173,900	22.4
3	Brasil	82,288,298	7.2
4	Argentina	43,462,323	3.8
5	Ucrania	35,801,050	3.1
6	Indonesia	30,253,938	2.6
7	India	27,820,000	2.4
8	México	27,169,977	2.4
9	Rumania	18,663,939	1.6
10	Canadá	13,884,800	1.2
11	Resto del mundo	218,652,869	19.1
Total		1,147,621,934	100.0

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2018).

En 2018 la producción del maíz en el mundo generó un valor bruto de 33, 900,724 millones de dólares, del cual los Estados Unidos contribuyeron con el 38.1 % del valor generado. Le siguieron Argentina, Brasil y Ucrania con el 12.5, 12.1 y 10.3 % del valor de la producción



maicera respectivamente. Los cuatro países anteriores generan en conjunto el 73 % del valor de la producción mundial de maíz. En el año que se menciona México ocupó el lugar 11 con un total de 284,469 millones de dólares, lo que representó el 0.8 % del valor de la producción mundial. (Cuadro 3.4)

**Cuadro 3.4 Valor de la Producción de maíz por país, 2018. Millones de dólares.**

Lugar	País	Valor en millones de dólares US\$	Participación %
1	Estados Unidos de América	12,920,884	38.1
2	Argentina	4,233,791	12.5
3	Brasil	4,109,859	12.1
4	Ucrania	3,506,065	10.3
5	Francia	1,660,868	4.9
6	Rumania	1,035,057	3.1
7	Rusia	853,076	2.5
8	Hungría	727,379	2.1
9	Sudáfrica	452,413	1.3
10	Canadá	408,046	1.2
11	México	284,469	0.8
12	Resto del Mundo	3,708,817	10.9
Total		33,900,724	100.0

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2018).

### 3.1.3 Exportaciones

En el año 2018 la FAO reportó que se exportaron a nivel mundial un total de 173.6 millones de toneladas, los países que presentaron los mayores volúmenes de ventas externas fueron los Estados Unidos, Brasil y Argentina con una participación del 40.4, 13.6 y 13.3 %, respectivamente. Los tres principales países exportadores aportaron en conjunto el 67 % de las

ventas mundiales. México solo exportó 852 mil toneladas (0.5 % del total), teniendo como destinos principalmente a países de Centro y Sudamérica.

**Cuadro 3.5 Exportaciones de maíz por país, 2018. Toneladas.**

Lugar	País	Exportaciones (ton)	Participación %
1	Estados Unidos de América	70,066,295	40.4
2	Brasil	23,566,198	13.6
3	Argentina	23,178,876	13.3
4	Ucrania	21,440,629	12.3
5	Francia	4,968,741	2.9%
6	Rusia	4,784,344	2.8%
7	Rumania	4,611,348	2.7%
8	Hungría	2,393,681	1.4%
9	Sudáfrica	2,201,306	1.3%
10	Canadá	2,150,250	1.2%
.	.	.	.
16	México	852,393	0.5%
17	Resto del mundo	13,431,803	7.7%
Total Mundial		173,645,864	100.0%

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2018).

### 3.1.4 Importaciones

En cuanto a las importaciones, de acuerdo a las estadísticas reportadas por la FAO (2018) cuatro países se distinguen por ser los principales importadores de maíz. Como consecuencia del tratado comercial de América del Norte, México se ha convertido en el principal importador de maíz del cereal en el mundo, seguido de Japón, Vietnam y Corea del Sur.

En 2018 las importaciones de maíz fueron de 169.9 millones de toneladas, de los cuales, México importó 17 millones de toneladas (10.1 % del total). Japón realizó compras externas por 15.8 millones de toneladas (9.3 %), Vietnam de 10.3 millones de toneladas (6.1 %) y Corea del Sur con 10.1 millones de toneladas (6.0 %). Vietnam y Corea del Sur han mostrado poca variación en sus volúmenes de importación, en tanto que México ha registrado un aumento impresionante en los últimos años; por ejemplo, de 2017 a 2018 las importaciones aumentaron en 1.7 millones de toneladas. Los principales proveedores de México son principalmente los Estados Unidos, aunque en los últimos años Brasil y Argentina han sido abastecedores importantes.

**Cuadro 3.6 Importaciones de maíz por país, 2018. Toneladas.**

Lugar	País	Importaciones (ton)	%
1	México	17,095,139	10.1
2	Japón	15,816,714	9.3
3	Vietnam	10,377,637	6.1
4	Corea del Sur	10,166,338	6.0
5	España	9,507,674	5.6
6	Irán	8,983,174	5.3
7	China	7,721,473	4.6
8	Egipto	7,463,329	4.4
9	Países Bajos	6,033,755	3.6
10	Italia	5,755,385	3.4
11	Resto del mundo	70,774,346	41.7
	Total	169,694,964	100.0

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2018).

## **3.2 Situación nacional del maíz**

### **3.2.1 Superficie sembrada**

De acuerdo con las estadísticas reportadas por el SIAP (2018b), a nivel nacional se siembra una superficie de maíz de 7.3 millones de hectáreas. De las 32 entidades productoras de maíz en la República Mexicana, los estados que dedican las mayores áreas al cultivo del cereal son Chiapas, Jalisco, Veracruz, Sinaloa, Puebla, Oaxaca, Estado de México, Guerrero, Michoacán y Guanajuato, que en conjunto ocupan el 70.7 % del área sembrada total.

Chiapas es la entidad que tiene la mayor superficie destinada al maíz; sin embargo, debido al rendimiento que se encuentra por debajo de la media nacional, la entidad se posiciona en el noveno lugar en la producción nacional del cereal. Sinaloa y Jalisco producen 5.8 y 3.8 millones de toneladas, respectivamente, ocupando el 35.6 % de la producción nacional; en ambas entidades se registran rendimientos muy por encima la media nacional, siendo de 11.1 y 6.6 toneladas por hectárea, respectivamente.

**Cuadro 3.7 Superficie sembrada, cosechada, Rendimiento; Producción de maíz del 2018.**

Posición	Entidad	Superficie sembrada (ha)	%	Cosechada	Rendimiento	Producción	%
1	Chiapas	665,218	9.0	650,674	1.76	1,147,899	4.2
2	Jalisco	580,984	7.9	580,984	6.62	3,847,214	14.2
3	Veracruz	570,418	7.7	549,185	2.25	1,234,572	4.5
4	Sinaloa	524,700	7.1	524,041	11.10	5,818,056	21.4
5	Puebla	515,542	7.0	512,664	1.95	1,000,391	3.7
6	Oaxaca	513,499	7.0	499,266	1.41	704,261	2.6
7	México	496,085	6.7	487,307	3.95	1,922,977	7.1
8	Guerrero	481,523	6.5	473,326	2.69	1,271,851	4.7
9	Michoacán	460,997	6.3	451,693	4.41	1,993,742	7.3
10	Guanajuato	408,634	5.5	401,664	4.22	1,696,776	6.2
11	Hidalgo	230,341	3.1	221,964	3.21	712,749	2.6
12	Chihuahua	207,087	2.8	207,006	7.15	1,479,238	5.4
13	San Luis Potosí	204,345	2.8	112,502	1.18	132,872	0.5
14	Tamaulipas	200,781	2.7	178,411	5.36	956,635	3.5
15	Zacatecas	197,242	2.7	194,993	2.06	402,221	1.5
16	Campeche	187,678	2.5	176,560	2.67	471,532	1.7
17	Durango	150,874	2.0	140,675	2.27	320,009	1.2
18	Tlaxcala	135,212	1.8	134,782	2.69	362,023	1.3
19	Yucatán	114,728	1.6	113,317	1.10	124,858	0.5
20	Querétaro	100,483	1.4	97,239	2.64	256,752	0.9
21	Tabasco	81,703	1.1	78,667	1.91	150,020	0.6
22	Quintana Roo	67,418	0.9	67,418	1.07	71,808	0.3
23	Nuevo León	59,817	0.8	58,408	0.84	48,891	0.2
24	Sonora	50,497	0.7	50,497	10.83	546,752	2.0
25	Aguascalientes	39,455	0.5	39,455	1.87	73,781	0.3
26	Morelos	38,098	0.5	38,098	4.02	153,165	0.6
27	Coahuila	30,522	0.4	30,482	1.01	30,901	0.1
28	Nayarit	30,066	0.4	28,264	4.24	119,720	0.4
29	Colima	13,556	0.2	13,556	4.42	59,924	0.2
30	Baja California Sur	5,271	0.1	5,271	8.86	46,686	0.2
31	Ciudad de México	3,575	0.0	3,575	1.35	4,834	0.0
32	Baja California	618	0.0	618	10.17	6,287	0.0
<b>Total</b>		<b>7,366,967</b>	<b>100.0</b>	<b>7,122,562</b>	<b>3.81</b>	<b>27,169,400</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, (2018)

### 3.2.2 Producción por ciclo agrícola y régimen hídrico

El maíz se produce en los dos ciclos agrícolas: Primavera-Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI). En el primer ciclo (PV) se produce bajo las modalidades de riego y temporal, y en el segundo sólo bajo la modalidad de riego. En el año agrícola 2018, el 78 % de la superficie cosechada se realizó bajo la modalidad temporal y el restante 22 % bajo la modalidad riego (Cuadro 3.8).

Según datos de la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA, 2020), los principales estados productores de maíz del ciclo Primavera-Verano fueron Jalisco, Michoacán, Estado de México, Guanajuato y Chihuahua; mientras que, en el ciclo Otoño-Invierno destacan Sinaloa, Tamaulipas, Sonora, Veracruz y Chiapas (Cuadro 3.9).

**Cuadro 3.8 Superficie sembrada, cosechada y Producción de maíz por régimen hídrico del año 2018.**

Modalidad	superficie Sembrada	%	Cosechada	%	Producción	%
Temporal	5,775,928.05	78.40	5,539,472.50	77.77	13,615,061.75	50.11
Riego	1,591,039.42	21.60	1,583,089.54	22.23	13,554,338.36	49.89
Total	7,366,967.47	100.00	7,122,562.04	100.00	27,169,400.11	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, (2018)

**Cuadro 3.9 Principales productores de maíz por ciclo, 2018. Toneladas**

Posición	Primavera-Verano		Posición	Otoño- Invierno	
	Entidad	Producción		Entidad	Producción
	Federativa	(ton)		Federativa	(ton)
1	Jalisco	3,821,024	1	Sinaloa	5,142,814
2	Michoacán	1,958,272	2	Tamaulipas	926,694
3	México	1,921,263	3	Sonora	518,708
4	Guanajuato	1,694,206	4	Veracruz	494,452
5	Chihuahua	1,479,232	5	Chiapas	182,415

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, (2018)

### 3.2.3 Volumen y valor de la producción

La producción de maíz para el año 2018 alcanzó una producción de 27.1 millones de toneladas, en términos de valor, generó un valor de la producción de 104.8 millones de pesos. Los principales estados productores de maíz son Sinaloa, que aporta el 21.4 % del total; Jalisco con 14.2 %; Michoacán con 7.3 % y el Estado de México con 7.1 %; en conjunto, estas entidades aportaron el 50 % de la producción total en 2018 (Cuadro 3.5). Otros estados que tienen una participación importante en la producción de maíz son Guanajuato con 6.2 % y Chiapas que se encuentra en el noveno lugar con una participación de 4.2 % de acuerdo con los datos reportados por el SIAP (2018).

**Cuadro 3.10 Volumen y valor de la producción de maíz por estado, 2018. Cifras en toneladas y miles de pesos.**

<b>Entidad Federativa</b>	<b>Producción (ton)</b>	<b>%</b>	<b>Valor Producción miles de MX\$</b>	<b>%</b>
Sinaloa	5,818,056	21.4	22,431,170	21.4
Jalisco	3,847,214	14.2	15,065,050	14.4
Michoacán	1,993,742	7.3	7,723,972	7.4
México	1,922,977	7.1	7,375,751	7.0
Guanajuato	1,696,776	6.2	6,679,733	6.4
Chihuahua	1,479,238	5.4	5,192,407	5.0
Guerrero	1,271,851	4.7	5,312,617	5.1
Veracruz	1,234,572	4.5	5,001,170	4.8
Chiapas	1,147,899	4.2	4,510,889	4.3
Puebla	1,000,391	3.7	3,877,169	3.7
Tamaulipas	956,635	3.5	3,433,446	3.3
Hidalgo	712,749	2.6	2,770,090	2.6
Oaxaca	704,261	2.6	2,746,576	2.6
Sonora	546,752	2.0	1,872,141	1.8
Campeche	471,532	1.7	1,783,141	1.7
Zacatecas	402,221	1.5	1,602,153	1.5
Tlaxcala	362,023	1.3	1,264,604	1.2
Durango	320,009	1.2	1,227,874	1.2
Querétaro	256,752	0.9	970,644	0.9
Morelos	153,165	0.6	577,564	0.6
Tabasco	150,020	0.6	598,073	0.6
San Luis Potosí	132,872	0.5	519,894	0.5
Yucatán	124,858	0.5	521,944	0.5
Nayarit	119,720	0.4	456,495	0.4
Aguascalientes	73,781	0.3	281,729	0.3
Quintana Roo	71,808	0.3	306,042	0.3
Colima	59,924	0.2	230,375	0.2
Nuevo León	48,891	0.2	193,480	0.2
Baja California Sur	46,686	0.2	181,555	0.2
Coahuila	30,901	0.1	104,354	0.1
Baja California	6,287	0.0	26,021	0.0
Ciudad de México	4,834	0.0	23,628	0.0
<b>Total</b>	<b>27,169,400</b>	<b>100</b>	<b>104,861,749</b>	<b>100.0</b>

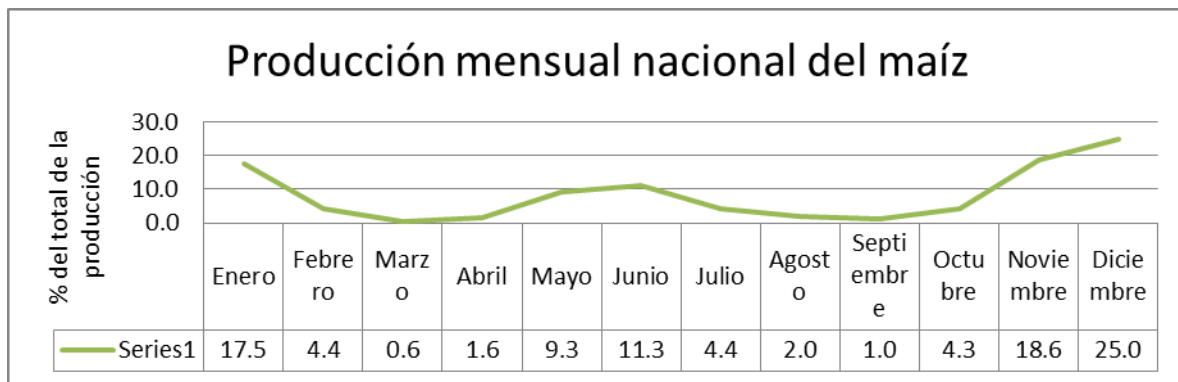
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2018).



### 3.2.4 Disponibilidad mensual de la producción de maíz

La disponibilidad de maíz en el tiempo está determinado por la obtención de la producción. La mayor producción de maíz se obtiene en los meses de noviembre y diciembre (18.6 % de la producción anual), diciembre (25 %) y enero (17.5 %); en estos tres meses se concentra el 61.1 % de la producción nacional. En julio se obtiene el 4.4 %; en mayo el 9.3 % y en junio el 11.3 %; la menor producción se observa en agosto y septiembre, meses en los cuales apenas se obtiene el 2 y 1 % de la producción anual de maíz (Figura 3.1).

Figura 3.1 Disponibilidad mensual del maíz en México, 2018. Porcientos.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2018).

### 3.2.5 Destino de la producción nacional

El maíz es uno de los principales cereales que conforma la canasta básica en México, ya que el grano es la materia prima para una gran cantidad de industrias agroalimentarias destinadas a la alimentación humana y ganadera; algunos ejemplos son la industria de alimentos balanceados, la industria de la tortilla y nixtamal, la industria de la harina, la industria para la elaboración de almidones y féculas, la industria que elabora jarabe de maíz de alta fructuosa, la industria de cereales, la industria de frituras (tostadas), etc.

En Mexico se producen diferentes tipos de maíz, el blanco que representa el 86.7 % de la producción y que se destina principalmente para el consumo humano y alimentación de ganado. Por otro lado, el maíz amarillo se destina a la industria o a la fabricación de alimentos balanceados para el consumo pecuario. Otras variedades son maíz azul, el maíz grano de colores y el maíz grano para la preparación de pozole.

## CAPÍTULO V. FORMULACIÓN DEL MODELO

Para alcanzar el objetivo de la investigación se usó un modelo de equilibrio espacial del mercado de maíz en el estado de Chiapas. El problema de equilibrio espacial es matemáticamente expresado como la maximización de las áreas bajo la curva de demanda menos las áreas bajo la curva de la oferta menos los costos de transporte (García-Salazar, 2005).

### 5.1 Formulación del modelo de distribución espacial

#### 5.1.1 Regiones consideradas en el modelo

Para el planteamiento del modelo, el estado de Chiapas se dividió en nueve regiones productoras y nueve regiones consumidoras de maíz. Estas regiones son: Centro (integrada por 22 municipios), Altos (18), Fronteriza (9), La Frailesca (5), Norte (23), Selva (14), Sierra (8), Soconusco (16) e Istmo-Costa (3).

Figura 5.1 Regiones del Estado de Chiapas.



Fuente: Elaboración propia con datos de INAFED.

## 5.2 Formulación del modelo

La formulación del modelo se basó en Takayama y Judge, (1971) y en trabajos empíricos realizados para cultivos y regiones agrícolas de México (García, 2005).

El modelo supone que las funciones de oferta y demanda son lineales en cada región. Suponiendo  $i$  ( $i=1, 2,3\dots9$ ) regiones productoras y  $j$  ( $j=1, 2,3\dots9$ ) regiones consumidoras de maíz, el modelo se formula de la siguiente forma:

$$Max VSN = \sum_{j=1}^J [\lambda_j y_j + \frac{1}{2} \omega_j y_j^2] - \sum_{i=1}^I [v_i X_i + \gamma_i PFE_i X_i + \frac{1}{2} \eta_i X_i^2] - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

donde  $\lambda_j$  es el intercepto de la función de demanda de maíz en  $j$ ;  $y_j$  es la cantidad consumida de maíz en  $j$ ;  $\omega_j$  es la pendiente de la función de demanda en  $j$ ;  $v_i$  es la ordenada de la función de oferta en  $i$ ;  $X_i$  es la cantidad ofertada en la región  $i$ ;  $\gamma_i$  es el parámetro del fertilizante en la región  $i$ ;  $PFE_i$  es el precio del fertilizante en la región  $i$ ;  $\eta_i$  es la pendiente de la función de oferta en la región  $i$ ;  $C_{ij}$  es el costo de transporte de enviar maíz de  $i$  a  $j$ .

La función objetivo está sujeta a las siguientes restricciones:

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} \geq Y_j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} \leq X_i \quad (3)$$

$$Y_j, X_i, X_{ij} \geq 0 \quad (4)$$

La ecuación 2 indica que la demanda en cada región consumidora  $i$  debe ser menor que los envíos de maíz que provienen de las regiones productoras  $j$ . La ecuación 3 indica que la

oferta de cada zona productora  $j$  debe ser mayor a lo enviado a las regiones consumidoras  $i$ . La ecuación 4 indica las condiciones de no negatividad.

Para alcanzar los objetivos se realizaron dos escenarios. El primero permitió modelar la situación del mercado de maíz en el año 2018, en donde no existe el Programa de fertilizantes. El segundo escenario considera la existencia del programa, lo que implica que el fertilizante que usa el productor es proporcionado por el Gobierno en especie.

### **5.3 Datos y fuentes de información**

Las ordenadas y pendientes de las funciones de oferta y demanda fueron estimadas usando datos de elasticidades, producción, consumo y precios al productor. Se utilizaron las elasticidades precio de la oferta y demanda del maíz reportadas por Espejel, (2018), para la región sur del país.

#### **5.3.1 Producción**

La producción por región se obtuvo del cierre de la Producción Agrícola por Cultivo del SIAP del año 2018. Se usaron datos por año agrícola, dado que las siembras del ciclo Otoño-Invierno, que abarcan los meses de octubre de un año a marzo del siguiente. La producción se obtiene entre enero y septiembre y esta disponible de febrero a octubre del mismo año. Para el ciclo Primavera-Verano, las siembras comienzan en marzo y finalizan en septiembre. La cosecha se obtiene entre junio y marzo del año siguiente y esta disponible para su consumo de julio de un año a abril del siguiente.

### **5.3.2 Precios al productor, precios al consumidor y precios del fertilizante**

Tanto el precio del productor como el del consumidor se obtuvieron con datos del SIAP del 2018; el precio del consumidor se estimó sumando el precio al productor más los costos de transporte de llevar maíz de la zona productora  $j$  a la zona consumidora  $i$ .

El precio del fertilizante se obtuvo del sistema nacional de información e integración de mercados (SNIIM), y se cotizaron los precios para cada región. Posteriormente, se realizó un precio ponderado para manejar un precio homogéneo en las nueve regiones.

### **5.3.3 Consumo**

El consumo regional se estimó sumando el consumo estatal en los sectores urbano, rural, pecuario e industrias de elaboración de alimentos balanceados y elaboración de harina de maíz. El consumo en los sectores urbano y rural por municipio fue estimado usando datos sobre consumo per cápita y población del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del año 2010 e INEGI 2015. El Consumo estatal pecuario por municipio se estimó usando datos sobre inventario ganadero por especie (ganado bovino, porcino y aves) y pesos por especie; la información provino de SIAP (2018a). El consumo municipal de la industria de elaboración de alimentos balanceados y elaboración de la harina de maíz se obtuvo ponderando el consumo estatal de dichas industrias, por la participación de cada región en el valor de la producción del estado; la información para realizar la estimación provino del censo económico del INEGI, 2014.

### **5.3.4 Costos de transporte**

Los costos de transporte se calcularon utilizando matrices de distancias (camión) que conectan las zonas productoras y las zonas consumidoras, La información sobre distancias se obtuvo de la Secretaría de Comunicaciones y transportes (SCT), el costo de transporte unitario se calculó sumando un factor fijo (pesos por tonelada), más el producto de un factor variable (pesos por tonelada-kilómetro) por la distancia (km) de la zona productora a la zona consumidora. Las ciudades tomadas como referencia fueron los siguientes: Tuxtla Gutiérrez (Centro), San Cristóbal de las Casas (Altos), Comitán de Domínguez (Fronteriza), Villa Flores (Frailesca), Pichucalco (Norte), Palenque (Selva), Motozintla (Sierra), Tapachula (Soconusco) y Arriaga (Istmo-Costa).

La solución del modelo se obtuvo usando el procedimiento MINOS escrito en el lenguaje de programación GAMS (Murtagh y Saunders, 1998).

## CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el Cuadro 6.1 se presentan los datos del año base de la situación del mercado de maíz, donde se incluye el precio de los fertilizantes para cada región. Partiendo de la validación del modelo, se observa que los datos observados y estimados están muy próximos. Las diferencias son menores del 5 %, por lo tanto, se puede decir que el modelo está calibrado y puede ser usado para realizar escenarios de política.

A nivel estatal las diferencias entre los valores observados y estimados fueron de 0.5 % para la producción y del 0.4 % para el consumo.

Cuadro 6.1 Validación del modelo de maíz en Chiapas. Miles de toneladas.

Región	Consumo		Cambio		Producción		Cambio	
	observado	Estimado			observada	estimada		
	miles t		%		miles t		%	
Centro	460	455	-5	-1.1	341	348	7	2.1
Altos	123	125	1	1.0	91	91	0	-0.3
Fronteriza	98	100	1	1.3	196	195	-1	-0.6
Frailesca	123	122	0	-0.4	220	223	3	1.5
Norte	140	143	3	2.3	83	82	-1	-1.1
Selva	137	139	3	2.0	231	229	-2	-0.9
Sierra	29	29	0	0.2	54	55	1	1.2
Soconusco	171	173	3	1.5	73	73	0	0.0
Istmo-Costa	80	80	0	0.2	13	13	0	0.9
Total Estatal	1,360	1,366	6	0.4	1,303	1,310	7	0.5

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la solución del modelo.

En el Cuadro 6.2 se modela la existencia del Programa de Fertilizantes, es decir, el precio de fertilizantes es igual a cero, ya que el insumo se entregará como subsidio en especie. Se



observa que la producción del estado aumenta en 171 miles de toneladas, lo que representa un aumento de 13 %, respecto al modelo base en el cual no existe el programa de fertilizantes. El uso de fertilizantes químicos mejora la productividad en campo, lo que permite obtener una mayor producción de maíz.

El impacto del Programa de Fertilizantes para las nueve regiones del estado resulta ser positivo; el menor precio del fertilizante desplaza la curva de oferta hacia la derecha ocasionando que el nivel de producción aumente para cada nivel de precio. En términos porcentuales, el mayor efecto se observó en la región Norte, en donde la producción aumentó en 16.1 % (13 mil toneladas), seguido de la región Soconusco con 14.7 %, Selva y Fronteriza con 13.7 % cada uno, Istmo-Costa con 13.5 %. En general, el cambio de la producción con el subsidio comprende del 10 % al 16.1 %. En términos absolutos, el mayor crecimiento se observó en el Centro en donde la producción aumentó en 44 mil toneladas, respecto al escenario base.

Los resultados anteriores son similares a los encontrados por otros autores. Un estudio realizado por García-Salazar (2001), encontró que en las regiones del norte del país donde predominan el uso de tecnologías modernas que incluyen el uso de riego, fertilizantes, plaguicidas y uso de semillas mejoradas obtienen una mejor productividad del maíz que en el sur que se usan tecnologías tradicionales, con esto se evidencia la importancia del uso de fertilizantes para elevar la productividad de maíz en el sureste, en este caso el estado de Chiapas.

El Programa de Fertilizantes también fue favorable para el consumo. El otorgamiento de fertilizantes en especie aumentaría el consumo de maíz en la entidad en 115 mil toneladas, lo que representaría un aumento de 8.4 %, respecto al observado en el modelo base. La región con mayor demanda es el Centro del estado, y en ésta el consumo aumentaría en 44 mil toneladas, lo

que representaría un aumento de 9.6 %, respecto al modelo base. En el resto de las regiones de la entidad al consumo también aumentaría.

Cuadro 6.2 Efectos del programa de fertilizantes en el mercado de maíz en Chiapas.

Miles de toneladas.

Región	Consumo		Cambio		Producción		Cambio	
	Sin PF	Con PF			Sin PF	Con PF		
	miles de t		%		miles de t		%	
Centro	455	499	44	9.6	348	392	44	12.8
Altos	125	135	10	8.0	91	102	12	12.9
Fronteriza	100	107	8	7.9	195	222	27	13.7
Frailesca	122	133	11	9.2	223	247	24	10.7
Norte	143	154	10	7.0	82	95	13	16.1
Selva	139	150	11	7.6	229	261	31	13.7
Sierra	29	31	2	8.4	55	62	7	12.5
Soconusco	173	186	13	7.2	73	84	11	14.7
Istmo-C.	80	86	7	8.4	13	15	2	13.5
Total Estatal	1,366	1,481	115	8.4	1,310	1,480	171	13.0

PF=Programa de Fertilizantes.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la solución del modelo.

En el Cuadro 6.3 se presentan los resultados de los escenarios. El excedente del productor es la diferencia entre el precio de mercado de un bien y el costo marginal de producción (Pindyck y Rubinfeld, 2009). El excedente del consumidor es lo que el mercado le ahorra al consumidor por lo que él estaría dispuesto a pagar (Nicholson, 2006).

La implementación del Programa de Fertilizantes tendría efectos positivos en los excedentes al productor y al consumidor. El excedente al consumidor aumentaría al pasar de

26,479 a 30,822 millones de pesos, lo que significaría un considerable aumento de 16.4 %, respecto al observado en el modelo base; en todas las regiones productoras de maíz aumentaría el excedente al consumidor en un rango que va de 14.5 % (observado en la región Norte del estado) a 19.1 % (observado en la Frailesca).

El excedente al productor aumentaría en todas las regiones del estado siendo mayor en la región Norte (con 34.8 %), en la región Soconusco (31.4 %) y en la región Fronteriza (29.4 %).

Los resultados anteriores son similares a los reportados por García-Salazar, *et al.*, (2011), para la evaluación de los efectos del Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) en el mercado de maíz en México a nivel nacional; los autores señalan que el subsidio otorgado por PROCAMPO trajo consigo efectos positivos en el bienestar de la sociedad, ya que el excedente al productor aumentó en 10,931 millones de pesos, respecto al observado en el modelo base.

En resumen, la aplicación del Programa de Fertilizantes traería efectos positivos tanto al productor como al consumidor, si se suman ambos indicadores se tendría que los beneficios del programa aumentarían en más de 10 millones de pesos en beneficio a la sociedad. Además de cumplir el objetivo del programa que es contribuir a la productividad agrícola en localidades de alto y muy alto grado de marginación, también se tendrían efectos sobre los consumidores.

Cuadro 6.3 Efecto del programa de fertilizantes sobre el bienestar. Millones de pesos.

Región	Excedente al consumidor		Cambio	Excedente al productor		Cambio		
	Sin PF	Con PF		Sin PF	Con PF			
	Millones de \$		%	Millones de \$		%		
Centro	7,755.0	9,075.0	1,320.0	17.0	5,328.0	6,776.0	1,448.0	27.2
Altos	2,489.0	2,904.0	415.0	16.7	1,655.0	2,108.0	453.0	27.4
Fronteriza	2,018.0	2,348.0	330.0	16.4	3,556.0	4,601.0	1,045.0	29.4
Frailesca	2,122.0	2,528.0	406.0	19.1	3,492.0	4,279.0	787.0	22.5
Norte	3,292.0	3,768.0	476.0	14.5	1,604.0	2,162.0	558.0	34.8
Selva	2,940.0	3,404.0	464.0	15.8	4,164.0	5,384.0	1,220.0	29.3
Sierra	541.0	636.0	95.0	17.6	907.0	1,149.0	242.0	26.7
Soconusco	3,818.0	4,390.0	572.0	15.0	1,371.0	1,802.0	431.0	31.4
Istmo-C.	1,504.0	1,769.0	265.0	17.6	226.0	291.0	65.0	28.8
Estatal	26,479.0	30,822	4,343.0	16.4	22,303	28,552	6,249	28.0

PF=Programa de Fertilizantes.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos con la solución del modelo.

## CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

En este estudio se presenta la evidencia cuantitativa del impacto y los beneficios que traería la implementación del Programa de Fertilizantes en el estado de Chiapas con datos del 2018. Las

1. En el año 2018 la producción y el consumo de maíz en el estado de Chiapas fue de 1,303 y 1,360 miles de toneladas, respectivamente.
2. Las principales regiones productoras de maíz en la entidad fueron, en orden de importancia: Centro (con el 26.1 % de la producción estatal); a esta le siguieron la región Selva con 17.8 %; Frailesca con el 16.9 % y Fronteriza con el 15.1 %. Las regiones con la menor producción fueron la región Sierra con el 4.2 % y el Istmo-Costa con el 1.0 % de la producción del estado.
3. Las principales regiones consumidoras de maíz en la entidad fueron, en orden de importancia: Centro (con el 33.8% de la producción estatal); a esta le siguieron el Soconusco con 12.6 %; Norte con el 10.3 % y Selva con el 10.1 %. Las regiones con el menor consumo fueron Istmo-Costa con el 5.9 % y Sierra con el 2.1 % de la producción del estado.
4. La formulación de un modelo de equilibrio espacial del mercado de maíz en la entidad permitió modelar la implementación del Programa de Fertilizantes. Los efectos de la implementación del Programa de Fertilizantes serían positivos para la producción; por efectos del programa la producción aumentaría en 1,480 miles de toneladas, lo que representaría un incremento de 13.0 %, respecto a la observada en el modelo base.
5. Las regiones más beneficiadas con el programa de fertilizantes serían la región Norte (con un aumento en la producción en 13 miles de toneladas) en la región Soconusco (con 11

- miles de toneladas) y en la región Selva y Fronteriza (con 31 y 27 miles de toneladas respectivamente).
6. El Programa de Fertilizantes también tendría efectos positivos sobre el consumo; dicha variable aumentaría en 1,481 miles de toneladas, respecto al modelo base. Las regiones más beneficiadas serían la región Centro (con un aumento en el consumo producción en 44 miles de toneladas) en la región Frailesca (con 11 miles de toneladas) y en la región Sierra (con 2 miles de toneladas).
  7. El bienestar de los productores aumentaría con la implementación del Programa de Fertilizantes. El excedente del productor en todo el estado aumentaría en 28,552 millones de pesos, 28.0 % más que el observado en el modelo base. El excedente del Productor aumentaría en un rango de 22.5 a 34.8 % en las diferentes regiones de la entidad.
  8. El bienestar de los consumidores también aumentaría con la implementación del Programa de Fertilizantes. El excedente del consumidor en todo el estado aumentaría en 30,822 millones de pesos, 16.4 % más que el observado en el modelo base. El excedente del consumidor aumentaría en un rango de 14.5 a 19.1 % en las diferentes regiones de la entidad.
  9. El excedente económico (suma de los excedentes al productor y consumidor) aumentaría en 59,374 millones de pesos, lo cual indica que todos los agentes tendrían efectos positivos con la implementación del Programa de Fertilizantes

## 7.2 Recomendaciones

1. Actualmente Chiapas es la entidad con la mayor superficie dedicada al cultivo del maíz; sin embargo, debido al bajo rendimiento obtenido por hectárea, apenas ocupa el noveno lugar en la producción nacional de maíz. Considerando el liderazgo de la entidad en la superficie sembrada, se recomienda implementar las medidas necesarias en la entidad para lograr un aumento en el rendimiento que le permita al estado aumentar su participación en la producción nacional. Por lo tanto, la implementación del Programa de Fertilizantes es una oportunidad para poder incrementar el rendimiento y productividad del cultivo en el estado.
2. Debido a los efectos positivos que el Programa de Fertilizantes tiene sobre la producción y el consumo se recomienda su implementación y permanencia en la entidad.
3. Considerando los efectos positivos que el programa tiene sobre las principales variables del mercado y sobre el bienestar de los productores y consumidores se recomienda su extensión a todos los estados del país que tengan el potencial para aumentar la producción de maíz a través del aumento en los rendimientos.
4. Debido al fuerte problema de dependencia alimentaria en materia de maíz se recomienda realizar investigaciones en temas enfocados al aumento en la productividad por hectárea como por ejemplo en la adopción de paquetes tecnológicos que permitan el aumento en el rendimiento y fortalezcan, la operatividad del Programa de Fertilizantes, etc.

## CAPÍTULO VIII. LITERATURA CITADA

- Aguilar, Carpio. C., Escalante Estrada, J.A.S., Aguilar Mariscal, I.; Mejía Contreras, J.A., Conde Martínez, V.F., Trinidad Santos, A. (2016). Agronomic efficiency, grain yield and profitability of maize genotypes in function of nitrogen. *Terra Latinoamericana*, 34(4), 419–429.
- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios). (2020). *Reporte del mercado de Maíz*. Disponible en [https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/cadena/2020/Reporte\\_mercado\\_maiz\\_200120.pdf](https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/cadena/2020/Reporte_mercado_maiz_200120.pdf)
- Barbieri, P. A., Echeverría, H. E., & Saíenz Rozas, H. R. (2018). Métodos de colocación de fósforo en trigo y maíz bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44(3), 301–308.
- Bohórquez B., E. C. (2006). Política Agrícola, de Subsidios y Ayudas Internas en Estados Unidos, México y Brasil.
- Bruce, Murtagh y Michael, S. (1998). MINOS 5.5 User's Guide. En Stanford University Systems Optimization Laboratory.
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). (2018). Cámara de Diputados LXIII legislatura. En Fertilizantes Químicos y Biofertilizantes en México. Disponible en <http://www5.diputados.gob.mx/index.php/esl/Comunicacion/Boletines/2016/Abril/15/1343-En-Mexico-hay-500-mil-viviendas-sin-electricidad-principalmente-en-comunidades-indigenas-y-rurales>
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2020). Evaluación de Diseño con Trabajo de Campo del Programa de Fertilizantes 2019-2020. (26), 1–7.
- Espejel García, M. V. (2018). Impacto de ProAgro sobre la migración y la producción de maíz en México. Tesis de Doctorado. (Colegio de Postgraduados). Disponible en <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2952>
- FAO/IFA (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura /International Fertilizer Association). (2019). Executive Summary Fertilizer Outlook 2019-2023. *IFA Annual Conference*, (June), 26–28. Disponible en [file:///C:/Users/3PX67LA\\_RS5/Downloads/2019\\_IFA\\_Annual\\_Conference\\_Montreal\\_Fertilizer\\_Outlook\\_2019-2023\\_Summary.pdf](file:///C:/Users/3PX67LA_RS5/Downloads/2019_IFA_Annual_Conference_Montreal_Fertilizer_Outlook_2019-2023_Summary.pdf)
- FAO/SAGARPA (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2013). Propuesta de políticas públicas para el desarrollo del sector rural y pesquero (SRP) en México. Disponible en



<http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/OtrosEstudios/Attachments/40/EstudioPolíticasMarzo2013.pdf>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2013). Ahorrar para crecer. Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola en pequeña escala. En *Fao*. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i2215s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ). (2015). 70 Años de la FAO (1945-2015) ha sido elaborado por la División de Comunicación Corporativa de la FAO. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i5142s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). Datos, Cultivos. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (Consulta: 5 de septiembre de 2020).
- Ferrat Lazcano, Ignacio. (2020). Fertilización y fuentes fertilizantes para maíz de alto rendimiento. Recuperado el 9 de noviembre de 2020. *Agrosintesis*. Disponible en <https://www.agrosintesis.com/fertilizacion-y-fuentes-fertil/> (Consulta: 09 de Noviembre de 2020).
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) (2019). Documentos, Panorama agroalimentario 2019. *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*, 214. Disponible en <https://www.gob.mx/fira/documentos/panorama-agroalimentario> (Consulta: 21 de octubre de 2020).
- García-Salazar, J. Alberto, Skaggs, R., & Crawford, T. L. (2011). PROCAMPO, the Mexican corn market, and Mexican food security. *Food Security*, 3, 383–394. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0138-z>
- García-Salazar, José A., Borja-Bravo, M., & Rodríguez-Licea, G. (2018). Consumo de fertilizantes en el sector agrícola de México: un estudio sobre los factores que afectan la tasa de adopción. *Interciencia*, 43(7), 505–510.
- García Salazar, J. A. (2001). Efecto de PROCAMPO sobre la producción y saldo de Comercio Exterior de maíz. *Agrociencia*, 35(6), 671–683. <https://doi.org/1405-3195>
- García Salazar, J. A. (2005). Modelos de equilibrio espacial e intertemporal. En *Notas para Acompañar el Curso*. Estado de México: Campus Montecillo.
- Glembotzky Schoijet, M. (2005). Población y producción de alimentos. Tendencias recientes. 36, 183–203. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2005.141.7578>
- IFA (International Fertilizer Association). (2015). *Short-Term Fertilizer Outlook 2014 – 2015*. Disponible en [https://www.fertilizer.org/images/Library\\_Downloads/2014\\_ifa\\_marakech\\_outlook\\_summary.pdf](https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2014_ifa_marakech_outlook_summary.pdf)

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Disponible en [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/censos/cpv2010\\_clasificaciones.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/censos/cpv2010_clasificaciones.pdf) (Consulta: 8 de mayo de 2020).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2014). Censos Económicos 2014. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/app/saic/default.aspx> (Consulta: 20 de mayo de 2020).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2015). Encuesta Intercensal 2015. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados> (Consulta: 9 de mayo de 2020).
- Medina Méndez, A. J., Alejo Santiago, G., Soto Rocha, J. M., & Hernández Pérez, M. (2018). Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el Estado de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (21), 4306–4316. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1532>
- Nicholson, W. (2006). Teoría Microeconómica. Principios básicos y ampliaciones. En *Efecto ingreso y efecto sustitución* (Novena Edición). México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- OCDE-FAO. (2019). OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019-2028. En *OECD Publishing*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/7b2e8ba3-es>
- OCDE/FAO. (2014). *Perspectivas Agrícolas 2014-2023*. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2014-es](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2014-es)
- Olona Blasco, J. (2015). *La política agrícola de Canadá : Precios, Riesgos y Conocimiento*.
- Pindyck, Robert ; Rubinfeld, D. (2009). Microeconomía. En PEARSON Prentice Hall (Ed.), *Microeconomía* (Séptima edición). <https://doi.org/10.2307/j.ctt2111g56>
- Ramírez-Jaspeado, R., García-Salazar, J. A., García-Mata, R., Garza-Bueno, L. E., Escalona-Maurice, M. J., & Portillo-Vásquez, M. (2020). Determination of the most competitive corn regions in the state of Mexico in function of potential production. *Interciencia*, 45(3), 150–157.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2019). Blog, ¿Qué es y para qué sirve el fertilizante? Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-y-para-que-sirve-el-fertilizante> (Consulta: 25 de mayo de 2020).
- SCT (Secretaría de comunicaciones y transportes). (2020). Traza tu Ruta, Punto a Punto. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Disponible en [http://app.sct.gob.mx/sibuac\\_internet/ControllerUI?action=cmdEscogeRuta](http://app.sct.gob.mx/sibuac_internet/ControllerUI?action=cmdEscogeRuta) (Consulta: 20 de mayo de 2020).

- SEGOB (Secretaría de Gobernación). (2019a). Diario Oficial de la Federación , Plan Nacional de Desarrollo México (2019-2024). Disponible en [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019) (Consulta: 20 de mayo de 2020).
- SEGOB (Secretaría de Gobernación). (2020). Diario Oficial de la Federación, Acuerdo por el que se emiten los Lineamientos de Operación del Programa de fertilizantes para el ejercicio fiscal 2020. Disponible en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5590178&fecha=24/03/2020](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5590178&fecha=24/03/2020) (Consulta: 16 de noviembre de 2020).
- SEGOB (Secretaría de Gobernación). (2019b). Diario Oficial de la Federación, Acuerdo por el que se emiten los Lineamientos de Operación del Programa de fertilizantes para el ejercicio fiscal 2019. Disponible en [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5548785&fecha=24/01/2019](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5548785&fecha=24/01/2019) (Consulta: 16 de noviembre de 2020)
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2018a). Estadísticas de producción anual ganadera, Anuario estadístico de la producción ganadera. Disponible en [https://nube.siap.gob.mx/cierre\\_pecuario/](https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/) (Consulta: 9 de mayo de 2020).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2018b). Producción Anual, Cierre de la Producción Agrícola por Cultivo. Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (consulta: 8 de mayo de 2020).
- SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). (2018). Mercados Nacionales/Anuarios Estadísticos/Insumos Agrícolas. Disponible en <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricolas/ConsultaInsumos.aspx?SubOpcion=9%7C0> (Consulta: 23 de mayo de 2020).
- Takayama, T. and Judge G. G. (1971). *Spatial and Temporal Price and Allocation Models*. North-Holland Publishing Company Amsterdam-London, Germany. 528 p.

## ANEXOS

### ANEXO A

Integración municipal de las regiones consideradas en el modelo.

**Cuadro A-1. Municipios que integran cada una de las regiones en Chiapas.**

Región	Municipios	Región	Municipios	Región	Municipios
<b>Centro</b>	Berriozábal	<b>Altos</b>	Altamirano	<b>Fronteriza</b>	Chicomuselo
	Chiapa de Corzo		Aldama		Comitán de Domínguez
	Chiapilla		Amatenango del Valle		Frontera Comalapa
	Chicoasén		Chalchihuitán		La Independencia
	Cintalapa		Chamula		Maravilla Tenejapa
	Coapilla		Chanal		Las Margaritas
	Copainalá		Chenalhó		Socoltenango
	Ixtapa		Huixtán		La Trinitaria
	Jiquipilas		Larráinzar		Tzimol
	Nicolás Ruíz		Mitontic		
	Ocoatepec		Oxchuc		
	Ocozocoautla		Pantelhó		
	Osumacinta		Las Rosas		
	San Fernando		San Cristóbal de las Casas		
	San Lucas		Santiago el Pinar		
	Soyaló		Tenejapa		
	Suchiapa		Teopisca		
	Tecpatán		Zinacantán		
	Totolapa				
	Tuxtla Gutiérrez				
	Venustiano				
	Carranza				
	Villa de Acala				

Región	Municipios	Región	Municipios	Región	Municipios
<b>Frailesca</b>	Villa Flores Ángel Albino Corzo La Concordia Monte Cristo de Gro. Villa Corzo	<b>Norte</b>	Amatán Bochil El Bosque Chapultenango Fco. León Huitiupán Ixhuatán Ixtacomitán Ixtapangajoya Jitotol Juárez Ostuacán Pantepec Pichucalco Pblo. Nvo. Solistahuacán Rayón Reforma San Andrés Duraznal Simojovel Solosuchiapa Sunuapa Tapalapa Tapilula	<b>Selva</b>	Benem. de las Américas Catazajá Chilón La Libertad Marqués de Comillas Ocosingo Palenque Sabanilla Salto de Agua San Juan Cancuc Sitalá Tila Tumbalá Yajalón

Región	Municipios	Región	Municipios	Región	Municipios
<b>Sierra</b>	Amatenango de la Frontera Bejucal de Ocampo Bella Vista La Grandeza Mazapa de Madero Motozintla El Porvenir Siltepec	<b>Soconusco</b>	Acacoyahua Acapetahua Cacahoatán Escuintla Frontera Hidalgo Huehuetán Huixtla Mapastepec Mazatán Metapa Villa Comaltitlán Suchiate Tapachula Tuxtla Chico Tuzantán Unión Juárez	<b>Istmo-C.</b>	Arriaga Pijijiapán Tonalá

Fuente: elaboración propia con datos del INAFED.

## ANEXO B

Cen =	Centro
Alt =	Altos
Fro =	Fronteriza
Fra =	Frailesca
Nor =	Norte
Sel =	Selva
Sie =	Sierra
Soc =	Soconusco
Ic =	Istmo-Costa

Cuadro B-1. Volumen de maíz consumido por región en Chiapas (2017-2018). Toneladas

Región	Humano	Animal	Industria	Total	% participación
Cen	175,563	9,474	275,086	460,123	33.8%
Alt	98,046	5,128	20,141	123,314	9.1%
Fro	75,610	7,964	14,664	98,238	7.2%
Fra	35,811	9,156	77,561	122,528	9.0%
Nor	55,265	75,711	9,276	140,252	10.3%
Sel	111,597	13,690	11,396	136,682	10.1%
Sie	25,661	874	2,032	28,566	2.1%
Soc	110,926	22,496	37,279	170,701	12.6%
Ic	24,395	7,583	47,614	79,593	5.9%
<b>Total Estatal</b>	<b>712,873</b>	<b>152,076</b>	<b>495,048</b>	<b>1,359,997</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Cuadro B-2. Matriz de distancias entre regiones productoras y consumidoras en kilómetros.

Regiones	Cen	Alt	Fro	Fra	Nor	Sel	Sie	Soc	Ic
Cen	10	78	149	91	230	269	281	367	138
Alt	78	10	98	159	264	201	260	356	206
Fro	149	98	10	217	351	213	172	268	277
Fra	91	159	217	10	311	350	233	344	114
Nor	230	264	351	311	10	191	487	649	420
Sel	269	201	213	350	191	10	375	471	397
Sie	281	260	172	233	487	375	10	106	256
Soc	367	356	268	344	649	471	106	10	243
Ic	138	206	277	114	420	397	256	243	10

Fuente: Elaboración propia con datos de la SCT (2018).

Cuadro B-2. Costo de transporte unitario de las regiones productoras a las consumidoras. \$ t<sup>-1</sup>.

	Cen	Alt	Fro	Fra	Nor	Sel	Sie	Soc	Ic
Cen	603	680	760	695	852	896	910	1008	748
Alt	680	603	702	772	891	819	887	995	825
Fro	760	702	603	837	990	833	787	895	906
Fra	695	772	837	603	944	988	855	981	721
Nor	852	891	990	944	603	809	1143	1327	1068
Sel	896	819	833	988	809	603	1017	1126	1042
Sie	910	887	787	855	1143	1017	603	711	882
Soc	1008	995	895	981	1327	1126	711	603	867
Ic	748	825	906	721	1068	1042	882	867	603

Fuente: Elaboración propia con datos calculados y con base en García y Ramírez (2012) y SCT (2018).



Cuadro B-3. Costo de transporte unitario de las regiones productoras a las consumidoras. \$ t<sup>-1</sup>.

Regiones	Precio al productor	Precio al consumidor	Precio del fertilizante
Cen	3,175	4,032	11,112
Alt	3,872	4,750	11,112
Fro	3,878	4,801	11,112
Fra	3,262	4,189	11,112
Nor	4,200	5,383	11,112
Sel	3,881	4,964	11,112
Sie	3,454	4,528	11,112
Soc	3,967	5,209	11,112
Ic	3,535	4,518	11,112

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2018) e SNIIM (2018).