



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ECONOMÍA

EL MERCADO DE TRACTORES AGRÍCOLAS EN MÉXICO

JOSÉ CUPERTINO SALAS GUTIÉRREZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

2022



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **El mercado de tractores agrícolas en México**, realizada por el estudiante: **José Cupertino Salas Gutiérrez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ECONOMÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


DR. JOSÉ SATURNINO MORA FLORES

ASESOR


DR. JOSÉ ALBERTO GARCÍA SALAZAR

ASESOR


DR. ÁNGEL GARDUÑO GARCÍA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, septiembre de 2022

EL MERCADO DE TRACTORES AGRÍCOLAS EN MÉXICO

José Cupertino Salas Gutiérrez, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en los tractores agrícolas, siendo éste uno de los insumos agrícolas de mayor importancia en la agricultura. El tractor es un vehículo equipado con motor de combustión interna que utiliza para desplazarse, remolcar y enganchar distintos tipos de implementos agrícolas; esta máquina es la principal fuente de potencia dentro de una unidad de producción. De acuerdo con INEGI en México, del 100% de las unidades de producción que poseen maquinaria agrícola, el 65.8 % utiliza tractor en sus labores agrícolas. El objetivo de este estudio fue analizar el mercado de tractores agrícolas en México para identificar las variables que lo caracterizan. La hipótesis fue que la oferta y la demanda son inelásticas con respecto a su precio. Se utilizó el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), alimentado con series estadísticas del 2000 al 2020. La oferta de tractores agrícolas en el largo plazo resultó inelástica (0.0794) a su precio y la demanda de tractores agrícolas en el largo plazo también fue inelástica (-0.0831) con respecto al precio. Por otro lado, se analizó el parque de tractores agrícolas en México, con el objetivo de conocer la situación actual. La estimación del parque se calculó sumando la cantidad de tractores con un periodo de rezago, más la cantidad agregada por las ventas nacionales, menos la cantidad de tractores que salen del parque por término de su vida útil en el periodo de 2008 a 2027. Los resultados muestran una tendencia continua de disminución, estimando que para 2027 el parque habrá disminuido en 114 mil unidades, lo que significa una caída de un 50% en relación a 2007, quedando un parque de solo 124 mil unidades.

Palabras clave: Parque de tractores, oferta, demanda, Índice de mecanización, México.

THE AGRICULTURAL TRACTOR MARKET IN MEXICO

José Cupertino Salas Gutiérrez, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

ABSTRACT

The present study focuses on agricultural tractors, this being one of the most important agricultural inputs in agriculture. The tractor is a vehicle equipped with an internal combustion engine that is used to move, tow and hitch different types of agricultural implements; this machine is the main source of power within a production unit. According to INEGI in Mexico, of 100% of the production units that have agricultural machinery, 65.8% use a tractor in their agricultural work. The objective of this study was to analyze the agricultural tractor market in Mexico to identify the variables that characterize it. The hypothesis was that supply and demand are inelastic with respect to their price. The method of ordinary least squares (OLS) was used, fed with statistical series from 2000 to 2020. The supply of agricultural tractors in the long term was inelastic (0.0794) to its price and the demand for agricultural tractors in the long term was also inelastic (-0.0831) with respect to the price. On the other hand, the park of agricultural tractors in Mexico was analyzed, with the aim of knowing the current situation. The park estimate was calculated by adding the number of tractors with a period of lag, plus the amount added by national sales, minus the number of tractors that leave the park at the end of their useful life in the period from 2008 to 2027. The results show a continuous downward trend, estimating that by 2027 the fleet will have decreased by 114,000 units, which means a drop of 50% compared to 2007, leaving a fleet of only 124,000 units.

Key words: Tractor fleet, supply, demand, Mechanization index, Mexico.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haber financiado mis estudios e investigación de maestría

Al Colegio de Postgraduados, campus Montecillo (CP), y al posgrado de Socioeconomía, Estadística e Informática, en especial al programa de Economía, por su contribución a mi formación profesional.

A mi consejo particular, por aceptarme y guiarme en el proceso de investigación.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	v
LISTAS DE CUADROS	viii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Planteamiento del problema	5
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	7
Objetivos	7
Hipótesis	7
REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
CAPÍTULO I. EL MERCADO DE TRACTORES AGRÍCOLAS EN MÉXICO	11
1.1 RESUMEN	11
1.2 ABSTRACT	11
1.3 INTRODUCCIÓN	12
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
1.5.1 Análisis estadístico.	20
1.5.2 Análisis económico de los resultados.	22
1.5.3 Discusión.	23
1.6 CONCLUSIONES	25
CAPÍTULO II. DETERMINACIÓN DEL PARQUE DE TRACTORES AGRÍCOLAS EN MÉXICO	26
2.1 RESUMEN	26
2.2 ABSTRACT	26
2.3 INTRODUCCIÓN	27
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
2.6 CONCLUSIONES	38
CONCLUSIONES GENERALES.....	39
RECOMENDACIONES GENERALES	40

LITERATURA CITADA..... 41

LISTAS DE CUADROS

Cuadro 1.1. Resultados estadísticos y coeficientes estimados de la forma estructural.....	21
Cuadro 1.2. Forma estructural: elasticidades calculadas de la oferta y demanda de tractores.	23
Cuadro 2.1. Estimación del parque de maquinaria en México, 2008-2027.	33
Cuadro 2.2. Índice de Mecanización en el sector agrícola de México por entidad federativa, 2019.....	35

INTRODUCCIÓN GENERAL

A través de la historia de la agricultura y de la humanidad el hombre ha fabricado diversos utensilios y herramientas manuales, algunas de ellas acopladas a animales, de las cuales se ha valido para facilitar las labores agrícolas, buscando economía energética, eficiencia y productividad. Hoy en día, estas técnicas aún coexisten, no sin dificultades y confrontación; las que a su vez, con el desarrollo de la tecnología han sido desplazadas por máquinas y equipos de mayor potencia y capacidad de operación (Cortes et al., 2009).

El desarrollo de las actividades agropecuarias ha logrado tal importancia, que el papel que desempeña dentro de la estructura económica de un país se considera un indicador básico del grado de desarrollo del mismo. (Aburto, 1984).

Después de la revolución mexicana y durante la primera mitad del siglo XX, la adquisición de los tractores y arados se inscribió, con grandes limitaciones, en la orientación productiva que desarrollaron los gobiernos posrevolucionarios. Sin embargo, hacia la mitad de este siglo, con la instrumentación de la revolución verde, la compra de tractores se empezó a dar de forma masiva y creciente, junto con la adopción de los paquetes tecnológicos, hecho que marca el inicio de una nueva cultura tecnológica llamada modernizadora entre los agricultores, quienes adoptaron las propuestas de tractorización rural de manera diferenciada (Palacios y Ocampo, 2012).

El uso del tractor bajo la noción de competitividad y de incentivar el uso de infraestructura mecánica para estimular la rentabilidad rural se ha convertido en un factor central para desarrollar altas tasas de rotación de cultivos, para modificar la infraestructura del campo, y como motor para impulsar modernos sistemas de irrigación, de bodegas y almacenes, de carreteras y caminos, entre otras cosas (Palacios y Ocampo, 2012).

El desarrollo del tractor agrícola ha evolucionado a través del tiempo, desde 1776 cuando James Watt inventa la máquina de vapor. En 1800 aparecen las primeras máquinas de vapor con ruedas capaces de arrastrar un arado. En 1937 John Deere inventa el arado de acero. En 1838 Hiran Moore inventa la cosechadora moderna,

arrastrada por caballos. En 1882 John Froelich construye el primer tractor con motor de combustión interna. En 1897 surge el primer tractor fabricado y vendido en Inglaterra, de la marca Homsby Ackroyd. En 1907 John Ford fabrica el primer tractor de cuatro ruedas con la intención de fabricarlo en serie, el Fordson. En 1914 John Deere fabrica su primer tractor con un motor de la empresa Waterloo. En 1917 John Ford fabrica en serie el Fordson G, primer tractor en venderse masivamente en todo el mundo. En 1930 aparece el primer tractor con motor de inyección y tracción en las cuatro ruedas. En 1937 la firma Lanz fabrica el primer modelo de tractor con cabina cerrada. En 1943 Caterpillar lanza el modelo D-4, de tractores de cadena y oruga. Después de 1950 los fabricantes empiezan a desarrollar modelos con más comodidades del conductor, como asientos con amortiguación, cinturón de seguridad, dirección asistida, radio, cabina insonorizada, aire acondicionado, etc. (Curiosfera, 2022).

El diseño del tractor agrícola se ha transformado totalmente en el siglo XX, pasando de tractores grandes, pesados, con poca maniobrabilidad y usos limitados (Aburto, 1984), a tractores más modernos que son asistidos de dispositivos electrónicos e informáticos cada vez más sofisticados, los cuales ofrecen mayor eficiencia y rentabilidad en los campos de cultivo.

La mecanización agrícola se compone de instrumentos que actúan en las diferentes etapas de la producción agrícola, entre los que se encuentran maquinaria e implementos agrícolas en los campos de cultivo, que permitan aumentar la productividad y la eficiencia en las labores agrícolas; en este proceso se ven desplazadas la tracción animal, y en parte las labores manuales.

A nivel mundial existen diversas empresas que se dedican a la comercialización de maquinaria agrícola, dentro de las cuales se encuentran las siguientes: Mahindra (fabricante de la India), John Deere (Fabricante de EE.UU.), Massey Ferguson (Fabricante de EE.UU.), Case IH (Fabricante de EE.UU.), Sonalika International (Fabricante de la India), Escorts Group (Fabricante de la India), Kubota (Fabricante de Japón), Fendt (Fabricante de Alemania), Deutz Fahr (Fabricante de Italia), Claas (Fabricante de Alemania) y Ford (Fabricante de EE. UU).

Los primeros antecedentes de tractores agrícolas en México se encuentran en el primer censo agrícola ganadero de 1930, el cual indica que en ese año existían 3,875 tractores agrícolas, 8.5 mil locomóviles, 903.8 mil arados, 22.4 mil sembradoras, 8.3 mil segadoras y 4.2 mil trilladoras dentro del patrimonio agrícola nacional (INEGI, 1936).

La evolución del parque de maquinaria en México tuvo un gran crecimiento desde 1930 hasta 1991 de acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), en 1991 se registraron 317 mil unidades, el número más alto contabilizado en el país. Posteriormente en 2007 disminuyó en 79 mil unidades, un 25% en términos porcentuales de acuerdo al VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, el cual presenta un escenario de la existencia real de tractores en México, este Censo reporta la existencia total de 238.2 mil unidades de tractores.

En el periodo de 1973 a 1982, la demanda nacional era de 8.3 mil unidades anuales, y para 1982 aumento a 19.3 mil unidades anuales. Lo cual explica el dinamismo de las ventas nacionales y la participación de las importaciones (Aburto, 1984).

De 1989 a 1992, en la producción de vehículos automotores (1989-1994) la producción nacional de tractores agrícolas tuvo un promedio de 9.2 mil unidades ensambladas; para 1993 la producción cayó a 4.8 mil unidades y al siguiente año (1994) incremento la producción a 7.8 mil unidades ensambladas (INEGI, 1995). En el periodo de 1994 a 1997 la producción promedio fue de 4.7 mil unidades anuales (INEGI, 2000). La Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA, A.C.) después de 1998, ya no reportó la producción de tractores agrícolas (INEGI, 2000).

De acuerdo con información de Suarez (2011), en 2011 la marca de CNH de México, empresa que fabrica los equipos New Holland, que junto con las firmas John Deere y Massey Ferguson, cubrían el 80 % de la oferta de tractores en el mercado mexicano. En 2017 el mercado mundial de maquinaria agrícola genero ventas por 2.1 millones de tractores agrícolas (Agronews, 2018). Tan solo la empresa John Deere tuvo ventas anuales por 145.4 mil unidades de tractores agrícolas en ese mismo año, y del periodo

2011 al 2020 generó ventas mundiales por 1,605 miles de unidades de tractores agrícolas (John Deere, 2021).

Con base en los datos estadísticos más recientes del sistema de información arancelaria vía internet (SIAVI, 2021), de la partida arancelaria de tractores agrícolas, las exportaciones fueron de 4,062 millones de dólares de 2003 a 2020, y las importaciones contabilizaron 1,360 millones de dólares en el mismo periodo, lo que hace que México sea un exportador de tractores agrícolas. En 2018 al país que más exportó tractores fue EE.UU. por un monto de 108.5 millones de dólares y; el país que más importó fue la India para el mismo año, por 32 millones de dólares.

De acuerdo con datos del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM, 2022), se pueden consultar al menos a 57 fabricantes divididos en diversos giros comerciales, tales como; fabricantes de maquinaria y equipo agrícola, de alquiler de maquinaria y equipo agropecuario, pesquero y para la industria manufacturera, de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo agropecuario y forestal. Del total de fabricantes registrados, solo las empresas multinacionales son las que poseen la tecnología y el capital necesario para poder satisfacer la demanda.

El informe más actual sobre el parque de tractores agrícolas es el presentado en el VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, donde indica que hay en el país 238.24 mil unidades de tractores, de los cuales solo 227.35 mil estaban en funcionamiento; sin embargo, de acuerdo con Ayala *et al.* (2013), el 54 % ya había rebasado su vida útil.

El mercado de la maquinaria agrícola comprende la fabricación y comercialización de equipos y vehículos empleados en las labores agrícolas; entre éstas, se encuentran equipos de labranza, sembradoras, aspersoras, trilladoras, equipo forrajero, cosechadoras y tractores.

Dentro del contexto de la mecanización agrícola, la industria nacional de tractores adquiere una gran importancia, ya que a través de ella se importan o se ensamblan equipos que se comercializan en el mercado nacional.

El presente estudio se enfoca en los tractores agrícolas, siendo éste uno de los insumos de mayor importancia en la agricultura. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en México, del 100% de las unidades de producción que poseen maquinaria agrícola, el 65.8 % utiliza tractor en sus labores agrícolas. (INEGI, 2022)

Planteamiento del problema

La maquinaria agrícola es uno de los insumos más importantes en las actividades de la producción agrícola; tan solo en 2019 las actividades del sector primario generaron un valor de 589.11 mil millones de pesos, lo que represento el 3.7% del PIB nacional, de acuerdo con datos del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CDRSSA, 2019).

La oferta de tractores agrícolas en México actualmente está conformada por cinco principales empresas dedicadas a la fabricación de tractores e implementos agrícolas: John Deere, CNH de México, S.A. de C.V., McCormick tractores de México, La empresa FOTÓN y AGCO México S. de R.L. de C.V.

De acuerdo con información de Suarez (2011), en 2011 la marca de CNH de México, empresa que fabrica los equipos New Holland, que junto con las firmas John Deere y Massey Ferguson, cubrían el 80 por ciento de la oferta de tractores en el mercado mexicano.

En el periodo de 1973 a 1982, la demanda nacional aumento de de 8.3 mil unidades anuales en 1973 a 19.2 mil unidades en 1982. Lo cual explica el dinamismo de las ventas nacionales y la participación de las importaciones (Aburto, 1984).

De acuerdo con información de Perea (2018), en 2017 la demanda de tractores fue de 14 mil unidades y para 2018 se esperaba una demanda de 12 a 13 mil tractores.

De 2011 a 2015 el promedio de las ventas anuales de tractores agrícolas en México fue de 10.4 mil unidades; y de 2016 a 2020 fueron de 12.3 mil unidades de tractores agrícolas, el incremento fue del 18 %, de acuerdo con el informe anual del fabricante John Deere (John Deere, 2021).

Son escasos los estudios que profundizan la situación de la maquinaria agrícola, algunos de éstos se concentran en ciertos estados o en regiones específicas.

Considerando la importancia de los tractores agrícolas, siendo éste uno de los insumos de mayor importancia en la agricultura, esta investigación analizó el impacto de las variables precio, ingreso y tasa de interés por el lado de la demanda y el precio del producto, el crédito y el salario mínimo por el lado de la oferta, y así analizar el mercado de tractores en México. Así como el análisis del parque de maquinaria, el cual tiene una tendencia a la baja. Para revertir la tendencia de descenso del parque de tractores, y en general de la maquinaria agrícola, es necesario incentivar una oferta atractiva para los agricultores a través del otorgamiento de créditos con tasas de interés bajas para la compra de maquinaria agrícola

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivos

El objetivo general que persigue esta investigación es conocer los factores que afectan el mercado de los tractores en México, mediante el análisis de a través del análisis de la producción y la demanda nacional.

Los objetivos particulares

- a. Identificar las variables que caracterizan el mercado de tractores agrícolas en México.
- b. Analizar la situación actual del parque de maquinaria agrícola.
- c. Estimar una proyección sobre la evolución del parque de maquinaria agrícola del periodo 2008 a 2027.

Hipótesis

Las hipótesis de la investigación se presentan a continuación:

- a. Las funciones de oferta y la demanda responden de manera inelástica a su precio.
- b. El parque de tractores tiene una tendencia a la disminución

REVISIÓN DE LITERATURA

Aburto (1984), realizó un estudio sobre el análisis de mercado y perspectivas de los tractores agrícolas en México. Analizo el comportamiento de la fabricación nacional y las importaciones, las cuales eran bastante irregulares, ya que para 1973 fueron de 1.7 mil unidades y 3.8 mil para 1982. Por el lado de la demanda analizo el periodo de 1973 a 1982, relativo a la producción nacional y las importaciones, así como el crecimiento anual. De acuerdo con este estudio en el periodo 1973-1982, la demanda aumento a un ritmo promedio anual de 11.5% al pasar de 8.3 mil a 19.2 mil en 1982. Lo cual explica el dinamismo de las ventas nacionales, ya que las importaciones dentro de la demanda total presentan un comportamiento irregular. Por otro lado, concluye que la demanda se ha concentrado en un rango de potencia de 60-90 caballos de fuerza (hp) y que la demanda se ha concentrado en la zona norte del país, específicamente en las zonas de riego.

Terrones y Martínez (2012), realizaron un estudio sobre la demanda de insumos agrícolas en México, con el fin de analizar la producción agrícola en México. Emplearon un enfoque dual por medio de una función de costo translog, para derivar un sistema de ocho ecuaciones de demandas de insumos (mano de obra, tractores, trilladoras, crédito de la banca comercial, crédito de la banca de desarrollo, fertilizantes nitrogenados, fertilizantes fosfatados y fertilizantes potásicos). Usaron una serie de datos del periodo 1970-2006. Parte de sus conclusiones indica que la agricultura mexicana se encuentra altamente fragmentada, extensiva, tradicional, de baja productividad y dependiente de la asignación de los recursos crediticios al sector agrícola. La elasticidad propia calculada para tractores (0.0784) resulto ser inelástica de acuerdo a sus resultados, en parte debido a que los tractores son insumos importados y hay pocas alternativas, por lo tanto estos se han tenido que comprar aunque los precios aumenten.

Terrones-Cordero *et al.* (2020), realizaron un análisis dual del comportamiento del sector primario en México 1980-2016 con predicción hacia 2020. Emplearon una función de costo translog para estimar las demandas de los insumos: mano de obra, maquinaria, fertilizantes nitrogenados y crédito de la banca de desarrollo. Sus

resultados indican que los cuatro insumos resultan inelásticos, al igual indica que las tasa de interés cobradas son altas y ocasionan que el productor disminuya la demanda de crédito.

Ayala-Garay *et al.* (2012), realizaron un estudio sobre la mecanización del Estado de México, el caso de Teotihuacán, Tepotzotlán y Zumpango. Sus conclusiones indican que la región de estudio tiene una relación de 2.5 Implementos/Tractor lo que indica que el tractor esta subutilizado, lo cual no lo hace rentable. Las marcas predominantes de la región de estudio son John Deere y New Holland. Así mismo observaron que existe desconocimiento de como seleccionar un equipo agrícola adecuado.

Palacios y Ocampo (2012), en el estudio los tractores agrícolas de México, analizan el comportamiento de los tractores destinados a la producción agropecuaria y forestal en México a partir de la información mostrada en los censo agropecuarios de México. Parte de sus resultados indica que el mayor incremento de tractores se da en determinadas regiones del país, como en la zona Norte, Noroeste, Pacifico Norte y en el Centro Occidente.

Muñoz *et al.* (2011), realizó un estudio sobre la Relación entre el parque de tractores agrícolas y el patrón de difusión y Adopción mediante un modelo logístico. En el estudio determina el parque de tractores y la evolución del crecimiento de la adopción agregada del tractor agrícola en Chile. Uso el balance del parque de tractores y la curva de tractorización y de adopción para estimar la variación de las unidades t y $t-1$ y lo relacionó con la incorporación de tractores y con aquellos dados de baja. El autor concluye que la metodología se puede aplicar para el estudio de la adopción de tecnologías en otras regiones y otros países.

Negrete *et al.* (2013), realizaron una estimación y proyección de la demanda del parque de tractores agrícolas en México. Parte de sus conclusiones indica que para 2011 el parque de tractores es de 223 mil tractores según la demanda y 200 mil tractores estimados según consumo. El autor expresa un serio problema sobre la falta de datos sobre los tractores agrícolas en el país, teniendo que recurrir a estimaciones a partir de

información incompleta y poco confiable. Estimó que para 2015 los tractores habrán disminuido en 100 mil unidades con respecto a la cantidad de 2007.

Gutiérrez-Rodríguez *et al.* (2018), realizaron un diagnóstico de tractores e implementos agrícolas en el municipio de Atlacomulco, Estado de México. El estudio destaca que la relación tractor implemento es bastante bajo (1:34), lo que indica la no existencia de una plena utilización del tractor y de sus implementos durante el ciclo agrícola. Obtuvieron un índice de mecanización para el conjunto de comunidades en el Municipio de Atlacomulco de 49.53 ha tractor-1, esto teniendo en cuenta la superficie cultivada y no cultivada.

Hernández-Ávila *et al.* (2019), realizaron un estudio sobre el nivel de mecanización agrícola en el municipio de Zinacantepec, Estado de México. De acuerdo a la investigación indica que los tractores de la región de estudio tienen 7.73 años de utilización. Así mismo los resultados de la investigación indican que un alto porcentaje de agricultores no posee los conocimientos para realizar los mantenimientos técnicos preventivos y correctivos, lo cual conlleva al deterioro prematuro de la fuente de energía del tractor (motor), así como de otros mecanismos fundamentales para una explotación eficiente de las máquinas agrícolas.

CAPÍTULO I. EL MERCADO DE TRACTORES AGRÍCOLAS EN MÉXICO

1.1 RESUMEN

Conocer los factores que afectan el mercado de los tractores en México es importante porque el tractor agrícola es la principal fuente de potencia en la agricultura y uno de los principales medios de producción para aumentar la productividad del sector. El objetivo de este estudio fue analizar el mercado de tractores agrícolas en México, para identificar las variables que lo caracterizan. Para procesar la información se usaron series de tiempo en el periodo 2000-2020 para estimar un modelo de oferta y demanda con el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Los resultados indican que en el largo plazo las cantidades ofertada y demandada de tractores agrícolas responden de manera inelástica a cambios en el precio con elasticidades de 0.0794 y -0.0831, respectivamente. Además del precio, otros factores que afectan la demanda son el ingreso del productor y la tasa de interés con elasticidades de 0.1776 y -0.0017.

Palabras clave: tractor, oferta, demanda, elasticidad, modelo de ecuaciones simultáneas.

THE MARKET FOR AGRICULTURAL TRACTORS IN MEXICO

1.2 ABSTRACT

Knowing the factors that affect the tractor market in Mexico is important because the agricultural tractor is the main source of power in agriculture and one of the main means of production to increase the productivity of the sector. The objective of this study was to analyze the agricultural tractor market in Mexico, to identify the variables that characterize it. To process the information, time series were used in the period 2000-2020 to estimate a supply and demand model with the ordinary least squares (OLS) method. The results indicate that in the long term the quantities supplied and demanded of agricultural tractors respond inelastically to changes in the price with elasticities of 0.0794 and -0.0831, respectively. In addition to the price, other factors that affect demand are the income of the producer and the interest rate with elasticities of 0.1776 and -0.0017.

Key words: tractor, supply, demand, elasticity, simultaneous equations model.

1.3 INTRODUCCIÓN

En la agricultura uno de los factores que tiene mayor incidencia en el funcionamiento de una explotación agrícola es la mecanización. La posibilidad de mecanizar todas o la mayoría de las operaciones, y el nivel de mecanización alcanzado, medido por la inversión económica, son quizá los parámetros más significativos para definir la viabilidad de una explotación (Bernat-Juanos, 1980).

El tractor agrícola es el elemento principal de la mecanización agrícola, el cual es un vehículo equipado con motor de combustión interna, que le sirve para poder desplazarse, remolcar y enganchar distintos tipos de implementos agrícolas; esta máquina es la principal fuente de potencia dentro de una unidad de producción; el cual mediante la toma de fuerza y el sistema hidráulico permite levantar y operar diversos equipos e instrumentos (Ayala-Garay *et al.*, 2013).

Los primeros antecedentes de tractores agrícolas en México se encuentran en el primer censo agrícola ganadero de 1930, el cual indica que en ese año existían 3,875 tractores agrícolas, 8.5 mil locomóviles, 903.8 mil arados, 22.4 mil sembradoras, 8.3 mil segadoras y 4.2 mil trilladoras dentro del patrimonio agrícola nacional (INEGI, 1936).

México posee un territorio de 197 millones de hectáreas, de las cuales 32.4 millones son de superficie agrícola, y se obtienen más de 300 productos en diferentes estaciones y temporadas (SIAP, 2022). Con una población en el país estimada de 126.01 millones de habitantes en 2020 (INEGI, 2020), con un PIB por habitante medido en paridad de compra en 2019 de 9.9 mil dólares (INEGI, 2019), la agricultura es una de las actividades prioritarias, ya que responde a las necesidades alimenticias de millones de personas. Así mismo, la gran biodiversidad de México hace que sea un mercado potencial para la comercialización de maquinaria agrícola. Los fabricantes de maquinaria agrícola se enfocan en proveer equipos desde la preparación del suelo y siembra, hasta la cosecha, así como en los cultivos industrializados de diferentes cereales, granos, frutas y verduras; proveen máquinas y herramientas con

características específicas para brindar soluciones, tanto para agricultura a cielo abierto, como para la agricultura protegida.

Dentro del contexto de la mecanización agrícola, la industria nacional de tractores adquiere una gran importancia, ya que a través de ella se importan o se ensamblan equipos que se comercializan en el mercado nacional. El mercado de la maquinaria agrícola comprende la fabricación y comercialización de equipos y vehículos empleados en las labores agrícolas; entre éstas, se encuentran equipos de labranza, sembradoras, aspersoras, trilladoras, equipo forrajero, cosechadoras y tractores.

La oferta de tractores agrícolas en México actualmente está conformada por cinco principales empresas dedicadas a la fabricación de tractores e implementos agrícolas: John Deere compuesta principalmente de cuatro plantas; a) la primera es la planta de Implementos ubicada en San Pedro Garza García, Nuevo León, dedicada a la fabricación de implementos agrícolas; b) la segunda es la planta Cutters, ésta planta fabrica cuchillas, trituradoras y cortadoras de césped, ubicada en San Pedro de la Garza, Nuevo León; c) la tercera es la planta Santa Catarina ó Componentes Monterrey I, especializada en la producción de diversos componentes de metal soldado, ubicada en Santa Catarina, Nuevo León y; d) la cuarta es la planta Tractores y Componentes Saltillo, ubicada en Saltillo, Coahuila, esta planta fabrica tractores utilitarios y tractores compactos. La empresa CNH de México, S.A. de C.V., ubicada en la Ciudad de Querétaro fabrica los tractores agrícolas de las marcas New Holland y Case IH. La empresa AGCO México S. de R.L. de C.V., ubicada en la Ciudad Querétaro es una empresa dedicada a la fabricación y distribución de equipos agrícolas por medio de las marcas Challenger, Massey Ferguson, Fendt y Valtra. La empresa McCormick Tractores de México, ubicada en el parque industrial de Silao, Guanajuato, se dedica a la fabricación y distribución de tractores e implementos agrícolas. La empresa FOTÓN se enfoca al ensamblado y distribución de equipo agrícola, cuenta con una planta en el municipio de Puente Nacional, Veracruz.

De acuerdo con información del Organismo de Certificación de implementos y Maquinaria Agrícola (OCIMA), creado para certificar la calidad de maquinaria y equipo agrícola que se comercializa en México y avalar que cumplen con las normas

mexicanas (NMX). Actualmente este organismo reporta 10 marcas certificadas, las cuales son: Lovol (WeiChai Lovol Heavy Industry Co., Ltd.); Kioti S.A. de C.V.; CNH de México, S.A. de C.V. quien fabrica tractores de las marcas New Holland y Case IH; John Deere; Kubota México, S.A. de C.V.; Massey Ferguson marca de AGCO México S. de R.L. de C.V.; McCormick Tractores de México; Sonalika International y Bravado Agriculture (OCIMA, 2022).

Con base en los datos estadísticos más recientes del sistema de información arancelaria vía internet (SIAVI, 2021), de la partida arancelaria de tractores agrícolas, las exportaciones fueron de 4,062 millones de dólares de 2003 a 2020, y las importaciones contabilizaron 1,360 millones de dólares en el mismo periodo, lo que hace que México sea un exportador de tractores agrícolas. En 2018 al país que más exportó tractores fue EE.UU. por un monto de 108.5 millones de dólares y; el país que más importó fue la India para el mismo año, por 32 millones de dólares.

En el año 2002 la producción nacional fue de 12 mil unidades de tractores agrícolas y para 2003 11.3 mil unidades. (INEGI, 2009a).

El estudio de la normalización y certificación de tractores agrícolas en México realizado por Ayala-Garay *et al.* (2013), indica que desde 1997 el mercado mexicano es muy estable y reporta ventas promedio de entre 10 y 11 mil tractores anualmente (Palacios *et al.* 2007 como se citó en Ayala-Garay *et al.* 2013). Sin embargo, de acuerdo con (Flores *et al.* 2007 como se citó en Ayala-Garay *et al.* 2013), la venta total de 11 mil tractores, representa claramente un déficit sobre el total de la producción, ya que el mercado potencial oscila entre 15 y 18 mil unidades.

Dentro de los problemas que enfrentan los productores del campo mexicano se encuentra la falta de liquidez para la compra de maquinaria agrícola (el precio promedio mínimo por tractor varía desde 375 hasta 800 mil pesos); además de la inversión, el incremento en los costos de combustible y operación de los tractores resulta costosa (Calva, 1998 como se citó en Ayala-Garay *et al.*, 2013).

De acuerdo con información de Suárez-López (2011), en 2009 la demanda de tractores fue de 19 mil unidades, en 2010 se redujo a 14 mil unidades y en 2011 disminuyó a 10

mil unidades. Para 2017 de acuerdo con información de Perea (2018), la demanda de tractores fue de 14 mil unidades y para 2018 se esperaba una demanda de 12 a 13 mil tractores.

De 2011 a 2015 el promedio de las ventas anuales de tractores agrícolas en México fue de 10.4 mil unidades; y de 2016 a 2020 fueron de 12.3 mil unidades de tractores agrícolas, el incremento fue del 18 %, de acuerdo con el informe anual del fabricante John Deere (John Deere, 2021).

La maquinaria agrícola es uno de los insumos más importantes en las actividades de la producción agrícola, tan solo en 2019 las actividades del sector primario generaron un valor de 589 mil millones de pesos, lo que represento el 3.7 % del PIB nacional, de acuerdo con datos del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CDRSSA, 2019).

Se han realizado diversos estudios referentes a la maquinaria agrícola en México, entre ellos destacan los realizados por Aburto-Irigoyen (1984) quien realizó un estudio analítico del análisis de mercado y perspectivas de los tractores agrícolas en México, parte de sus conclusiones indica que la demanda de tractores en el periodo de estudio se concentró en tractores con rango de potencia de 60 a 90 caballos de fuerza e igualmente la demanda se concentró en la zona norte del país. Mora-Flores (1986) realizó un estudio sobre la oferta y demanda de tractores agrícolas en México, evaluación cuantitativa y cualitativa, indica que la demanda de tractores en México es explicada por el comportamiento de tres variables: el precio de los tractores, las relaciones de intercambio de la agricultura con el resto de la economía y la magnitud del crédito refaccionario. Morales y Martínez (1998) desarrollaron un sistema de demanda casi ideal para los tractores agrícolas en México, en el cual observaron que la demanda de tractores entre 80 y 100 caballos de fuerza es inelástica. Ayala-Garay *et al.* (2012), analizaron la situación de la mecanización del estado de México, para tres regiones específicas (Teotihuacán, Tepetzotlán y Zumpango), concluyen que las marcas predominantes en Teotihuacán con John Deere y New Holland. Así mismo observaron que la región de estudio tiene un nivel de tractorización elevado y no un índice de mecanización favorable, puesto que existen tractores con potencia por

encima de la necesaria. Negrete *et al.* (2013) realizaron un estudio sobre el parque de tractores agrícolas en México: estimación y proyección de la demanda, del estudio concluye que el parque tiende a disminuir 4.9 mil tractores por año, y proyectó para 2015 una disminución del parque en 100 mil unidades. Hernández *et al.* (2019) realizaron un estudio del nivel de mecanización agrícola en el municipio de Zinacantepec, Estado de México, con el objetivo de conocer la situación actual del nivel de mecanización de los tractores y las máquinas agrícolas que poseen los productores agropecuarios y así identificar índices técnicos para optimizarlos en aras de una productividad eficiente. Terrones *et al.* (2020), realizaron un análisis dual del comportamiento del sector primario en México 1980-2020, estimaron las demandas de los insumos: mano de obra, maquinaria, fertilizantes nitrogenados y crédito de la banca de desarrollo, resultando inelásticos los cuatro insumos de estudio.

El informe más actual sobre el parque de tractores agrícolas es el presentado en el VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, donde indica que hay en el país 238.24 mil unidades de tractores, de los cuales solo 227.35 mil estaban en funcionamiento; sin embargo, de acuerdo con Ayala-Garay *et al.* (2013), el 54 % ya había rebasado su vida útil.

Sin embargo, los estudios no han sido suficientes para comprender el mercado de maquinaria agrícola en México. En general, son escasos los estudios que profundizan la situación de la maquinaria agrícola, y algunos de éstos se concentran en ciertos estados o en regiones específicas.

El presente estudio se enfoca en los tractores agrícolas, siendo éste uno de los insumos de mayor importancia en la agricultura. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en México, del 100% de las unidades de producción que poseen maquinaria agrícola, el 65.8 % utiliza tractor en sus labores agrícolas. (INEGI, 2022)

Considerando la importancia del tractor agrícola y por lo visto en los párrafos anteriores, el objetivo de este estudio fue analizar el mercado de tractores agrícolas en México, para identificar las variables que lo caracterizan. La hipótesis fue que en el

largo plazo la oferta y la demanda responden de manera inelástica a cambios en el precio.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El ámbito geográfico de la investigación considera el territorio nacional. La información utilizada corresponde a los tractores agrícolas comercializados en México, reportados por el fabricante de maquinaria agrícola John Deere. Se tomó el consumo nacional aparente y los tractores comercializados como base para el diseño del modelo econométrico de regresión lineal múltiple, tanto para la oferta como para la demanda.

Para la estimación de los modelos se contó con una serie histórica de 20 observaciones de datos anuales, correspondiente al periodo 2000 al 2020; dichos modelos fueron estimados con el método de mínimos cuadrados ordinarios utilizando el programa estadístico SAS 9.0 (2002). De acuerdo con Gujarati (2010), la validación estadística de los modelos se realizó con tres pruebas estadísticas: la prueba de F o prueba de significancia global de la regresión múltiple, la prueba de t y el coeficiente de determinación (R^2). Los modelos se validaron de acuerdo con los signos de los coeficientes y su consistencia con la teoría económica de la oferta y demanda. Para el análisis económico se estimaron las elasticidades que relacionan la variable dependiente con las independientes.

Los modelos propuestos son los siguientes:

$$QDT_t = \alpha_0 + \alpha_1 PCT + \alpha_2 PibA + \alpha_3 Tir + \alpha_4 QDTL_{t-1} + e_t \quad (1)$$

$$QPT_t = B_0 + B_1 PuE + B_2 CreA + B_3 Smin + B_4 QPTL_{t-1} + e_t \quad (2)$$

Donde para el año t : QDT_t es la cantidad demandada de tractores, en unidades de tractores; PCT_t es el precio al consumidor de los tractores, en pesos por unidad; $PibA_t$ es el ingreso cuantificado con el producto interno bruto del sector agrícola, en pesos; Tir es la tasa de interés, en por ciento anual expresado en pesos; $QDTL_{t-1}$ es el retraso de un año de la variable QDT_t ; QPT_t es la cantidad ofertada de tractores, expresada en unidades de tractores; PuE_t es el precio unitario de exportación, en pesos por unidad;

$CreAt$ es el crédito agrícola, en pesos; $Smint$ es el salario mínimo, en pesos y; $QPTL_{t-1}$ es el retraso de un año de la variable QPT_t .

La justificación de la formulación del modelo que se presenta a continuación se basó en la teoría económica. En el análisis de mercado de un bien en particular las leyes de la oferta y la demanda explican la conducta de los productores y consumidores, respectivamente. Las variables determinantes de la oferta son el precio del producto o de los insumos, de acuerdo con la teoría planteada por García *et al.* (2003). Las variables determinantes de la demanda son el precio del bien, los precios de los bienes sustitutos o complementarios e ingreso disponible.

De acuerdo con la teoría económica, la oferta de un producto específico se encuentra determinada, entre otros factores, por el precio del mismo producto, como es el caso de la oferta de tractores. Dada la dificultad para obtener los precios de tractores nuevos a nivel de salida de las plantas ensambladoras, se tomó como precio al productor el precio unitario de exportación. Otras variables determinantes de la oferta nacional son el salario mínimo de la mano de obra y el crédito agrícola, siendo este indispensable para el productor ya que permite la compra de insumos para la producción, así mismo incentiva que la industria nacional de tractores aumente la producción ofertando más modelos enfocados a las necesidades de los productores.

Por el lado de la demanda, la cantidad requerida de un bien estará en función del precio del mismo. De acuerdo con la teoría económica, la demanda de un producto o servicio está determinado por el nivel de ingreso de los consumidores, un mayor ingreso permite mayor demanda y viceversa; en el caso de la demanda de tractores la variable ingreso utilizada es el Producto Interno Bruto agrícola derivado de la razón entre el valor de la producción y la superficie cosechada. Por lo tanto, la demanda de tractores en México, estará determinada por el precio al consumidor de tractores, el ingreso del sector agropecuario y la tasa de interés, esta última es importante ya que a través de ella se impulsa el desarrollo del sector agropecuario mediante el crédito.

Las variables monetarias fueron deflactadas con el Índice Nacional de Precios al Productor (INPP, base 2018=100) y el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC, base 2018=100).

La información usada se obtuvo de las siguientes fuentes: los datos anuales de la cantidad producida de tractores (*QPT*), se obtuvieron de INEGI (2009a) y de John Deere (2021). El precio unitario de exportación tomado como precio al productor (*PuE*) se obtuvo del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI, 2021) de la fracción arancelaria 87019001 para el periodo 2010 al 2020 y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAOSTAT (FAO, 2022) para el periodo 2000 al 2009. El crédito agrícola (*CreA*) se obtuvo de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2021). El salario mínimo (*Smin*) del periodo 2000 al 2020 se obtuvo de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI, 2021). La tasa de interés del periodo 2000 a 2020 se obtuvo del Banco de México (Banxico, 2022).

Para la demanda se calculó el consumo nacional aparente de tractores agrícolas, el cual se estimó con base en la producción nacional más la balanza comercial. El precio al consumidor de tractores (*PCT*) para el periodo del 2000 al 2020 se seleccionó de acuerdo con la clasificación del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 (INEGI, 2009b), donde se presenta una clasificación de tractores en 4 grupos (I hasta 60 Hp, II de 60 a 85 Hp, III de 85 a 145 Hp y IV más de 145 Hp), se consideró que la mayor cantidad de tractores existentes en el país en ese periodo entran en el rango de 60 a 85 Hp, los cuales para ese año eran de 84 mil unidades en funcionamiento. Una vez que se seleccionó el rango de potencia se tomaron los precios promedio basados en la potencia seleccionada. Dada la dificultad de contar con precios nominales de cada tractor en todos los años del periodo de estudio y, debido a la falta de datos públicos referentes a los precios de tractores agrícolas nuevos comercializados en México, se recurrió a estimaciones de precios en dólares, páginas web afines a maquinaria agrícola y a documentos publicados por las empresas comercializadoras y de dependencias gubernamentales referentes a tractores agrícolas (COMEXI, 2015; CNH, 2017; CNH, 2018; SEDRAE, 2019 y COMEXI, 2020). El Producto Interno Bruto agrícola

(*PibA*) del periodo 2000 al 2020 se obtuvo del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022) de la relación entre el valor de la producción y la superficie cosechada; y la *Tir* (tasa de interés) se obtuvo del Banco de México (Banxico, 2022), para el periodo 2000 a 2020.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 Análisis estadístico.

En el Cuadro 1.1 se presentan los coeficientes estimados por el método de mínimos cuadrados ordinarios. Los valores de la prueba de F indican que a nivel global las variables explicativas son significativas para determinar la variación de la oferta y la demanda de tractores con una $P \leq 0.0001$ para la oferta y $P \leq 0.0001$ para la demanda. El coeficiente de determinación es aceptable para las dos ecuaciones: 0.73 para la oferta y 0.73 para la demanda (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Resultados estadísticos y coeficientes estimados de la forma estructural.

Var. Dependiente	Intercepto	Coeficientes estimados				R ²	Prob>F
<i>QPT</i>		<i>PuE</i>	<i>CreA</i>	<i>Smin</i>	<i>QPTL</i>		
coeficiente	4413.05	0.000725	0.000008	-29.341280	0.787830		0.0001
Error estándar	2683.83	0.003660	0.000021	30.615180	0.200120	0.7256	
valor t	1.640000	0.200000	0.400000	-0.960000	3.940000		
Pr > t	0.120900	0.845500	0.694100	0.353100	0.001300		
<i>QDT</i>		<i>PCT</i>	<i>PibA</i>	<i>Tir</i>	<i>QDTL</i>		
coeficiente	4804.33	-0.001010	0.061410	-1.698170	0.6532		< 0.0001
Error estándar	2854.31	0.001300	0.047240	144.534730	0.2117	0.7307	
valor t	1.680000	0.780000	1.300000	-0.010000	3.0900		
Pr > t	0.113000	0.449300	0.213200	0.990800	0.0075		

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo estimado.

La t -asintótica constituye el estadístico para probar la significancia individual de los estimadores; un estimador aceptable requiere una razón de t mayor o igual a 1, entre mayor sea este número el valor de p será más pequeño y cercano a cero como se observa en el Cuadro 1.1. En el caso del modelo de oferta las variables tienen una t menor a uno en términos absolutos a excepción del rezago de la cantidad producida, no obstante al considerarse importantes fueron permitidas en el modelo. Para el caso del modelo de demanda las variables tienen una t mayor a uno en términos absolutos, a excepción de la variable precio y tasa de interés, no obstante, al considerarse importantes fueron permitidas en el modelo (Cuadro 1.1).

1.5.2 Análisis económico de los resultados.

Los resultados obtenidos, tanto para la oferta como para la demanda, son consistentes con la teoría económica, debido a que los coeficientes estimados presentaron los signos esperados (García Mata *et al.*, 2003). El precio al consumidor de tractores tiene una relación inversa con la cantidad demandada, lo que señala que a un mayor precio corresponde una menor demanda; el ingreso tiene un efecto positivo en la demanda, lo que señala que a un mayor ingreso corresponde una mayor demanda; la tasa de interés tiene un comportamiento inverso con la cantidad demandada, lo que indica que a una mayor tasa de interés corresponde una menor demanda.

La oferta de tractores agrícolas está determinada por el precio unitario de exportación tomado como precio al productor, y la relación entre ambas variables es positiva. También el crédito agrícola tiene un efecto positivo, a un mayor crédito le corresponde una mayor oferta. El salario mínimo tiene un efecto inverso en la cantidad ofertada, lo que hace que a mayor salario corresponde una menor oferta del producto.

Las elasticidades de la forma estructural se calcularon con las derivadas parciales de cada ecuación y los valores promedio de las variables en cuestión en el periodo del 2000-2020; se calcularon tres elasticidades en el corto y largo plazo para la oferta y la demanda.

1.5.3 Discusión.

En el Cuadro 1.2 se presentan las elasticidades relacionadas con la oferta y la demanda. Se observa que todos los valores absolutos son menores a la unidad, lo que indica que tanto la oferta como la demanda responden de manera inelástica a los cambios en los factores que las determinan. También se observa que las elasticidades de corto plazo son menores a las elasticidades de largo plazo en todos los casos.

Cuadro 1.2. Forma estructural: elasticidades calculadas de la oferta y demanda de tractores.

Oferta	Plazo		Demanda	Plazo	
	corto	largo		corto	largo
E_{PuE}^{QPT}	0.0168	0.0794	E_{PCT}^{QDT}	-0.0288	-0.0831
E_{CreA}^{QPT}	0.0349	0.1644	E_{PibA}^{QDT}	0.0616	0.1776
E_{Smin}^{QPT}	-0.1998	-0.9416	E_{Tir}^{QDT}	-0.0006	-0.0017

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo estimado y el valor medio de las variables.

En el caso de la demanda se obtuvo un coeficiente de elasticidad precio en el largo plazo de -0.0831 lo que indica que si el precio aumenta en 10 %, la cantidad demandada de tractores disminuirá en 0.831 %. El valor anterior es similar a los reportados por Terrones y Martínez (2012) y Terrones *et al.* (2020) quienes estimaron demandas de los insumos agrícolas, incluyendo tractores, en dos periodos diferentes; los autores usaron serie de tiempo de 37 años y reportan elasticidades de 0.0784 para el periodo 1970-2006, y de -0.1128 para el periodo 1980-2016 lo que implica que la reacción de los productores agrícolas en la adquisición de tractores agrícolas es baja ante variaciones a su precio.

En el estudio del sistema de demanda casi ideal aplicado a tractores agrícolas en México, Morales y Martínez (1998) calcularon elasticidades de la demanda de tractores y reportan que los tractores, de entre 80 y 100 hp, tienen una demanda inelástica con

respecto al precio. Los resultados de estos autores concuerdan con los de la presente investigación.

Las elasticidades de largo plazo del ingreso y de la tasa de interés resultaron 0.1776 y -0.0017, lo cual indica que un aumento de 10 % en el ingreso aumentará la demanda en 1.776 % manteniendo constantes los demás factores y un aumento de 10 % en la tasa de interés disminuirá la demanda de tractores en 0.017 %, manteniendo constantes los demás factores (Cuadro 2).

El coeficiente de la elasticidad precio de la oferta en el largo plazo fue de 0.0794, indica que un aumento en el precio en 10 % aumentará la oferta en 0.794 %, manteniendo constantes los demás factores que afectan la cantidad producida.

Las elasticidades de largo plazo del crédito y del salario mínimo resultaron 0.1644 y -0.9416, lo cual indica que un aumento de 10 % en el crédito aumentará la producción en 1.644 %, y un aumento de 10 % del salario mínimo aumentara la producción en 9.4 %, manteniendo constantes los demás factores.

Los resultados de las elasticidades de largo muestran que tanto la oferta como la demanda responden de manera inelástica a cambios en los factores que la determinan, lo cual indica que serían necesarios cambios muy altos en los factores respectivos para modificar la cantidad producida y demandada.

Los resultados que se han presentado indican que es indispensable continuar con la implementación de apoyos a la mecanización del campo a través de la adquisición de tractores mediante créditos y subsidios. Terrones *et al.* (2020) señalan que la decisión de los productores para no adquirir más tractores y demás insumos agrícolas a través de montos de crédito, se deben a las altas tasas de interés fijadas por las instituciones.

Datos de la FAO (2022), indican que el parque de maquinaria ha disminuido durante los últimos años, y que la tendencia actual es a la baja; por lo tanto, para incentivar la demanda de tractores agrícolas en México es necesario que las instituciones otorguen créditos con tasas de interés bajas para así incrementar las ventas de tractores y a su vez incrementar el parque de tractores agrícolas en México.

1.6 CONCLUSIONES

La estimación de un modelo de oferta de tractores agrícolas en México indica que esta variable responde en el largo plazo de manera inelástica a cambios en el precio y que otras variables que determinan la cantidad ofertada son el salario mínimo y el crédito agrícola con elasticidades menores a la unidad. Las bajas elasticidades de los factores que afectan a la oferta indican que esta variable seguirá la misma tendencia observada en el periodo de análisis, y que la cantidad ofertada seguirá manteniéndose estable con alrededor de doce mil unidades ofertadas y vendidas cada año.

La estimación del modelo de demanda de tractores indica que esta variable está determinada por el precio al consumidor del tractor, el ingreso agrícola y la tasa de interés, y que la respuesta de la cantidad demandada también es inelástica a cambios en los tres factores anteriores. De los tres factores mencionados, el ingreso es la variable que más afecta la demanda de tractores, lo que deja de manifiesto la importancia de que se registren precios altos que beneficien al productor. Es indispensable continuar con la implementación de apoyos a la mecanización del campo a través políticas que permitan mantener precios bajos de los tractores, precios altos de los productos agrícolas que mejoren el ingreso del productor y bajas tasas de interés que incentiven una mayor demanda de tractores.

CAPÍTULO II. DETERMINACIÓN DEL PARQUE DE TRACTORES AGRÍCOLAS EN MÉXICO

2.1 RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue conocer el estado actual del parque nacional de maquinaria agrícola. Se realizó una estimación del parque de tractores sumando la cantidad de tractores con un año de rezago, más la cantidad de tractores provenientes de las ventas nacionales, menos la cantidad de tractores que salen del parque por término de su vida útil en el periodo de 2008 a 2027. Los resultados muestran que hay una tendencia a la baja del parque de tractores en el periodo 2007 a 2027. Si la tendencia de disminución continua el parque de tractores habrá disminuido en 114 mil unidades al año 2027, lo que significa una caída de un 52 %, en relación a 2007, quedando un parque de tractores de solo 124 mil unidades. La principal limitante es la inexistencia de datos oficiales posteriores al 2007, de ahí que el conocimiento del estado actual del parque nacional de tractores en México requiere de la realización de estimaciones como la realizada en la presente investigación. La estimación del parque industrial de tractores en México indica que anualmente la cantidad de tractores que se agregan es menor a la cantidad de tractores obsoletos que salen del parque, lo que indica que el índice de mecanización disminuirá en un futuro. Para evitar dicha tendencia se requiere que el Gobierno apoye las inversiones en maquinaria agrícola.

Palabras clave: Parque de Maquinaria, Índice de mecanización, Tractor, México.

DETERMINATION OF THE AGRICULTURAL TRACTOR FLOOR IN MEXICO

2.2 ABSTRACT

The objective of this study was to know the current state of the national park of agricultural machinery. An estimation of the tractor park was made by adding the number of tractors with a lag of one year, plus the number of tractors from national sales, minus the number of tractors leaving the park at the end of their life useful in the period from 2008 to 2027. The results show that there is a downward trend in the number of tractors in the period 2007 to 2027. If the downward trend continues, the

number of tractors will have decreased by 114 thousand units by 2027, which means a drop of one 52%, in relation to 2007, leaving a tractor park of only 124 thousand units. The main limitation is the lack of official data after 2007, hence the knowledge of the current state of the national tractor park in Mexico requires the realization of estimates such as the one carried out in this investigation. The estimation of the tractor industrial park in Mexico indicates that annually the number of tractors that are added is less than the number of obsolete tractors that leave the park, which indicates that the mechanization index will decrease in the future. To avoid this trend, the Government is required to support investments in agricultural machinery.

Keywords: Machinery Park, Mechanization Index, Tractor, Mexico.

2.3 INTRODUCCIÓN

México es un país con una superficie territorial de 1.96 millones de Km², de las cuales 20.6 millones de ha se destinaron a la superficie agrícola, y se obtienen más de 550 productos agrícolas en diferentes estaciones y temporadas (SIAP, 2019). La agricultura en México se encuentra dividida principalmente en dos tipos de producción, la tradicional y la intensiva, marcadas principalmente por diferencias sociales y económicas. La agricultura tradicional generalmente es de temporal y se ubica, en la mayoría de los casos, en los estados del sur de México, es básicamente de subsistencia y es la principal fuente de recursos para los pequeños productores, quienes no cuentan con la capacidad para comprar tecnología, ni para instalar infraestructura, así como tampoco cuentan con técnicas ni capacitación para la siembra; solo cuentan con formas ancestrales para cultivar la tierra, teniendo como resultado una baja productividad (CEDRSSA, 2017).

La agricultura intensiva, generalmente de riego, son grandes plantaciones de productos agrícolas, llevada a cabo por empresas agrícolas cuyo objetivo es la producción comercial de grandes volúmenes; generalmente se encuentra en los estados del norte de México, utiliza infraestructura de alta tecnología como sistemas de riego, tractores, semillas modificadas, así como personal contratado y capacitado, ya que está vinculada más a los mercados nacionales e internacionales (CEDRSSA, 2017).

La evolución de la maquinaria agrícola en el Siglo XX ha sido tan espectacular que, de los tres avances habidos a lo largo de la historia de la maquinaria agrícola, dos de ellos podemos considerar marcan el comienzo y fin del siglo XX. El primer avance fundamental se registró cuando el hombre, que removía la tierra golpeándola con una herramienta tipo azada, decidió avanzar con ella introducida en el suelo venciendo la fuerza de tiro. Nació así el arado en un tiempo indeterminado de la prehistoria. La construcción del primer tractor con motor de combustión interna, debida a Froelich en 1892 marca el inicio de la actual tractorización. En época reciente se emplean dispositivos electrónicos e informáticos en las máquinas, que miden diversas variables relativas al trabajo que desarrollan, guardan la información en registros e incluso deciden como debe comandarse la máquina (Ruiz-Altisent *et al.*, 2000).

El tractor ha sido icono de cambio tecnológico en la agricultura, su adopción al interior de la explotación agrícola ha significado diversas combinaciones, relaciones y formas establecidas de producción de una localidad, región y país. La dinámica del proceso tractorización se encuentra definido por el balance dado por las unidades que ingresan al parque y por aquellas que son resciladas por efecto de término de su vida útil (Muñoz *et al.*, 2012).

El parque de tractores agrícolas de una región o país, algunas veces es tomado como un importante indicador de la inversión en agricultura (Muñoz *et al.*, 2011).

La demanda de tractores, depende, en términos generales, de la actividad agrícola que se desarrolla en una determinada región, localizándose un parque y una demanda mayor en aquellas zonas agrícolas donde la intervención del hombre es mayor para crear las condiciones favorables para llevar a cabo esta actividad (Mora-Flores, 1986).

El nivel de mecanización de las explotaciones agrarias es un factor a considerar en cualquier análisis técnico o económico del sector, por lo que resulta de vital importancia tener un conocimiento lo más fiel y detallado posible del parque nacional de tractores agrícolas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s/f).

Una de las formas de estimar el grado de mecanización de una región o país es a través del número de tractores y de la intensidad de tractorización, medida por la potencia por unidad de superficie (Muñoz *et al.*, 2011).

El patrimonio de maquinaria agrícola en México fue estimado por primera vez en el Censo Agrícola Ganadero de 1930, el cual indica que a nivel nacional existían 3.8 mil tractores y 8.5 mil locomóviles (INEGI, 1936). Para 1940, el Censo Agrícola Ganadero registro 4,549 unidades de tractores agrícolas. En 1950 se tuvo un registro de 22,711 (INEGI, 1959). Para 1982 se tenían 157,964 tractores (Negrete *et al.*, 2013). El VII Censo Nacional Agropecuario de 1991 indicó que se tenían 177 mil tractores y para 2007 de acuerdo al VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal había 238 mil tractores, de los cuales solo 227 mil se encontraban en funcionamiento. La evolución del parque de maquinaria en México tuvo un gran crecimiento desde 1930 hasta 1991 de acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), en 1991 se registraron 317 mil unidades, el número más alto registrado en el país. Posteriormente en 2007 disminuyó en 79 mil unidades, un 25% en términos porcentuales, con una tendencia de disminución por año de casi 5 mil unidades. Posterior al 2007 no hay registro oficial que considere la totalidad del número de tractores registrados en el país.

De acuerdo con datos de INEGI (2019) reportados en la Encuesta Nacional Agropecuaria 2019, del 100 % de las unidades de producción que son propietarias de maquinaria y de equipo para realizar actividades agropecuarias, el 65.8 % usa tractores, 36.4 % sembradoras, 28.7 % arados, 27.3 % rastra de discos, 12.1 % cultivadoras para tractor, 6.6 % trilladoras y 0.22 % motogrúas. Lo que nos da un panorama general de que el tractor pasa a ser uno de los elementos más importantes empleados en la agricultura.

Algunos de los estudios más importantes sobre el parque de tractores agrícolas en México fue el realizado por Negrete *et al.* (2013), donde hacen un análisis del parque de tractores agrícolas en México, estima una cantidad de tractores para 2011 de 224 mil unidades. Hernández-Ávila *et al.* (2022) hace una evaluación del nivel de mecanización tecno-agrícola en seis municipios del Valle de Toluca, parte de sus

conclusiones es que el parque de tractores tiene más de 15 años de uso, por lo que es necesario promover un plan de renovación.

Considerando la importancia de los tractores agrícolas como uno de los medios de producción más importantes en el sector agrícola, este estudio tuvo por objetivo conocer el estado actual del parque nacional de maquinaria agrícola en México. Es conveniente mencionar que no hay datos oficiales posteriores al 2007 donde se indiquen las cantidades de tractores activos en México.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El ámbito geográfico del estudio considera el territorio nacional. Dada las escasas estadísticas del número de tractores en el país, se realizó una estimación del parque de tractores en una serie de tiempo del 2008 al 2027. El año base corresponde a los datos presentados en el VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, el cual presenta un escenario de la existencia real de tractores en México. Este Censo reporta la existencia total de 238.2 mil unidades de tractores agrícolas, de los cuales 177.9 mil tenían más de 5 años de uso y 54.4 mil tenían menos de 5 años de uso. De la existencia total solo 227.3 mil se encontraban en funcionamiento.

Para alcanzar los objetivos se usó el método empleado por Muñoz *et al.* (2011) citado por Negrete *et al.* (2013), esta metodología permite estimar el parque de tractores en un momento dado, basado en los datos reportados del último censo nacional de 2007 y considerando las ventas del mercado nacional reportadas por el fabricante John Deere de 2008 a 2021.

Para estimar el parque de tractores, se usó la siguiente expresión.

$$P_t^T = P_{t-1}^T + T_t^N - T_t^R \quad (1)$$

Dónde P_t^T es el parque de tractores en el año t , expresado en unidades de tractores; P_{t-1}^T es el parque de tractores con un año de rezago $t-1$, expresado en unidades; T_t^N es la cantidad de tractores que se agregan al parque en el año t , expresado en unidades y; T_t^R es la cantidad de tractores que salen del parque en el año t , expresado en unidades.

La información para estimar el parque de tractores provino de fuentes que se mencionan a continuación. El parque de tractores en el año $t-1$ provino del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 (INEGI, 2009b). La cantidad de tractores que se agregan al parque de tractores fueron las ventas registradas en México de la base de datos publicada por el fabricante John Deere (John Deere, 2021). La proyección de tractores agregados de 2022 a 2027 se estimó basado en las ventas de los cinco años anteriores. Con los datos de John Deere (2021) se estimó la cantidad de tractores que se agregan al parque en el año $t-1$ (T_t^M) debido a que no hay un registro oficial del número de tractores agrícolas nuevos, debidamente revisado y actualizado. De acuerdo con Muñoz *et al.* (2011), la cantidad de tractores que salen del parque (tractores obsoletos) se puede estimar conociendo la vida útil, promedio del tractor, pero la dificultad para obtener esta variable radica en que se obtendrán diferentes cifras finales según sea la vida útil seleccionada. Muñoz *et al.* (2012) estimaron que la vida útil promedio estimada para un tractor agrícola a nivel agregado es de 22 años, según el tractor proceda de un determinado grupo de países. Para el estudio la cantidad de tractores que salen del parque al momento t se obtuvo de la diferencia de la cantidad de tractores al momento t menos la cantidad en el tiempo $t-1$, y se suma la cantidad que se agrega al momento t , esta variable se expresa en unidades de tractores.

Para calcular el número de tractores obsoletos se usó la siguiente expresión empleada por Muñoz *et al.* (2011) citada por Negrete *et al.*, (2013) obtenida a partir de la ecuación (1).

$$T_t^R = P_{t-1}^T + T_t^N - P_t^T \quad (2)$$

Los datos se procesaron con el apoyo de Microsoft Excel (2010), con lo cual se obtuvieron los valores que se presentan en el Cuadro 1.

El tractor es símbolo de mecanización de la agricultura, de ahí su gran importancia, es el principal punto de referencia para medir los índices de mecanización en el campo (Regalado-Negrete, 2006). Para calcular el índice de mecanización, una de las formas es la superficie cultivada cubierta en relación con el número de tractores, para ello se

utilizó la fórmula empleada por Regalado-Negrete (2006), este índice indica la intensidad del uso dado a los tractores para realizar operaciones agrícolas.

Para calcular el índice de mecanización usó la siguiente fórmula:

$$IMi = \frac{SUPi}{TRACTi} \quad (3)$$

Donde IMi es el índice de mecanización en el estado i ; $SUPi$ es la superficie cultivada en hectáreas en el estado i y; $TRACTi$ es el número de tractores en el estado i .

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2.1 se presentan los resultados obtenidos, muestra una tendencia a la baja del parque de maquinaria del periodo 2007 al 2027; de 2008 a 2010 la disminución promedio es de 4 mil unidades, similar a la reportada por la FAO en el periodo 1991-2007 de 4.9 mil unidades. La mayor disminución se observó en 2013 y 2020 con alrededor de 8 mil unidades.

Cuadro 2.1. Estimación del parque de maquinaria en México, 2008-2027.

Periodo	Año base	Obsoletos	Ventas	Parque	Cambio anual
	$P_{(t-1)}^T$	T_t^R	T_t^N	P_t^T	
2007	238,830				
2008		17,061	15,640	237,409	1,421
2009		17,061	12,985	233,333	4,076
2010		17,061	10,223	226,495	6,838
2011		17,061	10,140	219,574	6,921
2012		17,061	10,630	213,143	6,431
2013		17,061	8,546	204,628	8,515
2014		17,061	9,896	197,463	7,165
2015		17,061	12,899	193,301	4,162
2016		17,061	13,380	189,620	3,681
2017		17,061	14,778	187,337	2,283
2018		17,061	14,401	184,677	2,660
2019		17,061	10,506	178,122	6,555
2020		17,061	8,737	169,798	8,324
2021		17,061	9,613	162,350	7,448
2022		17,061	11,607	156,896	5,454
2023		17,061	10,973	150,808	6,088
2024		17,061	10,287	144,034	6,774
2025		17,061	10,243	137,216	6,818
2026		17,061	10,545	130,700	6,516
2027		17,061	10,731	124,370	6,330
Prom. 2007-2009		-	-	236,524	-
Prom. 2025-2027		-	-	130,762	-
TC		-	-	-44.7	-
TCMA		-	-	-3.2	-

TC=Tasa de crecimiento en el periodo 2007/09-25/27; TCMA=Tasa de crecimiento media anual en el periodo 2007/09-25/27.

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2009) y John Deere (2021).

Si la tendencia de disminución continúa, la estimación indica que, en 2027, el parque de tractores habrá disminuido en 114 mil unidades, quedando el parque de tractores en 124 mil unidades (Cuadro 2.1).

En relación al parque de tractores, uno de los estudios más importantes es el realizado por Negrete *et al.* (2013), quienes estimaron para 2011 una cantidad de 223 mil tractores; la estimación del parque de esta investigación para 2011 es de 219 mil unidades, una diferencia menor de 2 %; para 2015, Negrete *et al.* (2013), estimó 200 mil unidades siguiendo la tendencia de la FAO; la estimación del presente estudio para 2015 fue de 193 mil unidades.

De acuerdo con la información que se reporta en el Cuadro 1, las ventas nacionales estimadas de 2008 a 2021 fueron de 162.3 mil unidades de tractores, un promedio anual de 11.6 mil, siendo 2008 el año con mayores ventas con 15.6 mil unidades, y los años más bajos 2013 y 2020 con 8.5 y 8.7 mil unidades, este último golpeado por la crisis sanitaria de COVID-19, factor que afectó el mercado interno de maquinaria agrícola.

Los resultados anteriores indican que las ventas se han mantenido estables, estos datos son similares a los reportados por Palacios *et al.* (2003) citado por Ayala *et al.* (2013), donde menciona que desde 1997 el mercado mexicano ha sido muy estable reportando ventas promedio entre 10 y 11 mil tractores anuales.

Durante el periodo 2007/09-2025/27, la tasa de crecimiento del parque tractores fue de -44.7 %, y el crecimiento promedio anual en el mismo periodo fue de -3.24 % en términos porcentuales, lo que implica que el parque de tractores tiene una tendencia negativa en el periodo de análisis.

En el Cuadro 2.2 se presenta un escenario relacionado con el parque de maquinaria agrícola por entidad federativa, se observa que ocho estados poseen la mayor cantidad de tractores, estos son: Coahuila, Durango, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Sinaloa, Tamaulipas y Zacatecas, juntos poseen 149 mil unidades, lo que representa el 63 % del parque nacional.

Cuadro 2.2. Índice de Mecanización en el sector agrícola de México por entidad federativa, 2019.

Estado	Superficie total	Tractores	Superficie mecanizada 2019	IM 2019	Tractores	IM 2027
	Miles de ha	Unidades 2007	Miles de ha	tractores/h a	Unidades 2027	tractores /ha
Aguascalientes	128	3,922	124	32	2,047	61
Baja California	180	4,753	177	37	2,481	71
Baja Cal. Sur	41	1,344	40	30	702	57
Campeche	340	2,052	271	132	1,071	253
Chiapas	1,360	3,710	278	75	1,937	144
Chihuahua	1,036	1,561	1,033	662	815	1,267
Cd. de México	16	3,180	14	4	1,660	9
Coahuila	252	26,749	228	9	13,963	16
Colima	162	294	130	442	153	847
Durango	576	13,447	557	41	7,020	79
Guanajuato	948	21,572	876	41	11,261	78
Guerrero	902	1,400	466	333	731	638
Hidalgo	529	5,363	368	69	2,800	131
Jalisco	1,650	19,907	1,517	76	10,392	146
México	747	8,479	643	76	4,426	145
Michoacán	1,119	13,446	1,004	75	7,019	143
Morelos	137	1,947	124	64	1,016	122
Nayarit	370	4,693	265	57	2,450	108
Nuevo León	330	4,479	330	74	2,338	141
Oaxaca	1,254	3,117	613	197	1,627	377
Puebla	939	6,032	741	123	3,149	235
Querétaro	137	2,496	136	54	1,303	104
Quintana Roo	118	456	70	153	238	294

Estado	Superficie total	Tractores	Superficie mecanizada 2019	IM 2019	Tractores	IM 2027
	Miles de ha	Unidades 2007	Miles de ha	tractores/h a	Unidades 2027	tractores /ha
San Luis Potosí	638	7,347	570	78	3,835	149
Sinaloa	1,059	17,522	1,050	60	9,147	115
Sonora	603	8,705	600	69	4,544	132
Tabasco	266	1,010	109	108	527	207
Tamaulipas	1,326	12,472	1,223	98	6,511	188
Tlaxcala	235	2,765	220	80	1,443	153
Veracruz	1,515	9,396	912	97	4,905	186
Yucatán	699	184	31	170	96	325
Zacatecas	1,051	24,448	1,045	43	12,762	82
Nacional	20,665	238,248	15,764	114	124,370	219

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2009b) y del SIAP (2019).

Considerando la cantidad de tractores y la superficie mecanizada por hectárea, se realizó una estimación del Índice de Mecanización, los resultados muestran que algunos estados del centro y norte del país, como Guanajuato, Zacatecas, Sinaloa, Tamaulipas, Aguascalientes, Baja California y Durango, son los estados con el más alto Índice de Mecanización con un promedio muy cercano a las 50 ha por tractor. De acuerdo con Hernández *et al.* (2022), el dato anterior es el ideal de acuerdo a lo planteado por la FAO, de 50 ha por tractor. Algunos estados del Sureste de México como Quintana Roo, Yucatán, Oaxaca y Campeche tienen un Índice de Mecanización muy bajo, rebasando las 130 ha por tractor.

Los resultados anteriores son similares a los reportados por Regalado-Negrete (2006), quién reporta valores de 70.8 ha por tractor para la zona norte, de 221.6 ha por tractor para la zona sur y 101 ha por tractor a nivel nacional, en una superficie mecanizada de 18.6 millones de ha. Con una superficie mecanizada de 15.7 millones de ha en 2019 se

tiene un Índice de Mecanización nacional promedio de 114 ha por tractor para un índice mayor al 10 % comparado con los resultados presentados por Regalado-Negrete (2006), a nivel nacional. El panorama es aún más desalentador para el 2027, ya que la disminución del parque de tractores en un 52 % con respecto al año base, hace que el Índice de Mecanización aumente a 219 ha por tractor; lo que se aleja del número óptimo de 50 ha por tractor.

Gutiérrez-Rodríguez *et al.* (2018), realizaron un diagnóstico de tractores e implementos agrícolas en el municipio de Atlacomulco, Estado de México, sus resultados muestran que en la región de P.P. Atlacomulco se tienen 8.04 tractores por cada 100 ha, lo que implica un Índice de Mecanización de apenas 0.08 ha por tractor; lo anterior refleja que hay diferencias entre las distintas zonas de producción a nivel país, existen zonas altamente tecnificadas con maquinaria agrícola y zonas con deficiencia de maquinaria.

La carencia de recursos para la adquisición de maquinaria agrícola y el desconocimiento de la problemática real del sector de la maquinaria, constituyen una de las razones del rezago en cuanto al desarrollo de maquinaria agrícola. Los tractores ofertados en México son demasiado caros para los agricultores que practican la agricultura tradicional, esto aunado a la falta de liquidez para la adquisición de equipos nuevos, cuyo precio va desde los 375 a los 800 mil pesos (Ayala-Garay *et al.*, 2012).

Para revertir la tendencia de descenso del parque de tractores agrícolas, y en general de la maquinaria agrícola, es necesario incentivar una oferta atractiva para los agricultores a través del otorgamiento de créditos para la compra de maquinaria agrícola. Si bien han existido apoyos a la mecanización, como ejemplo los 22 mil tractores otorgados a través del Gobierno Federal de 2013 a 2018 (SAGARPA, 2018), como apoyo a la mecanización del campo, sin embargo estos apoyos no han sido suficientes. Es necesario implementar mejores políticas enfocadas a la mecanización del campo, que ayuden a revertir la tendencia y que hagan posible que la cantidad agregada de tractores al parque sea mayor que la cantidad de tractores que terminan su vida útil.

2.6 CONCLUSIONES

Los datos estimados en la presente investigación indican que el parque de tractores agrícolas en México tiende a disminuir. Los resultados indican que en el periodo 2008 a 2027 la cantidad de tractores que se agregan al parque es notoriamente inferior a la cantidad de unidades que salen del parque, lo que crea un déficit y un descenso de 114 mil unidades en el periodo. Las estimaciones indican que el Índice de Mecanización también presentó una tendencia negativa. Considerando la superficie mecanizada de 2019, dicho índice se ubicó en 114 ha por tractor, y los resultados de esta investigación indican que para el para 2027 se ubicará en 219 ha por tractor. La tendencia a la baja del parque de tractores hace necesaria la implementación de políticas de crédito enfocadas a aumentar el parque de tractores agrícolas en el país; solo de esta manera se podrá revertir tendencia en el Índice de Mecanización; se deberán realizar esfuerzos para acercar dicho índice al valor recomendado por los organismos internacionales, de 50 ha por tractor.

CONCLUSIONES GENERALES

El modelo dinámico propuesto para la oferta y demanda de tractores, permite obtener elasticidades para el corto y largo plazo. La oferta de tractores agrícolas en México responde de manera inelástica en el largo plazo (0.0794). La elasticidad precio propia de la demanda de tractores en México también resulto ser inelástica (-0.0831).

El modelo estimado de la función de oferta y demanda en función de las variables precio, tuvieron una explicación estadísticamente significativa, y se pudo concluir que la oferta y la demanda responden inelásticamente a su precio, en gran parte, debido a que los tractores y sus componentes de fabricación son en su mayoría insumos importados, y hay pocas alternativas en el mercado nacional, ya que los fabricantes son empresas transnacionales, por lo tanto las unidades de tractores se han tenido que comprar aunque los precios hayan incrementado.

La oferta y ventas de tractores del periodo analizado se ha mantenido estable en términos generales, ofertándose alrededor de 12 mil unidades anuales.

La estimación del parque de tractores agrícolas en México indica que anualmente la cantidad de tractores que se agregan es menor a la cantidad de tractores obsoletos que salen del parque, lo que indica que el índice de mecanización disminuirá en un futuro.

RECOMENDACIONES GENERALES

Para revertir la tendencia de disminución del parque de tractores, se requiere que las instancias de Gobierno, encargadas de sector primario apoyen las inversiones en maquinaria agrícola, con el fin de incentivar la adquisición de tractores.

Es necesario implementar mejores políticas enfocadas a la mecanización del campo, que ayuden a revertir la tendencia y que hagan posible que la cantidad agregada de tractores al parque sea mayor que la cantidad de tractores que terminan su vida útil.

Una de las formas de incentivar la demanda es a través de la adquisición de tractores mediante créditos y subsidios, con tasas de interés bajas ya que estos incentivan una mayor demanda de tractores, incrementando así el parque de tractores en México.

LITERATURA CITADA

- Aburto-Irigoyen S. (1984). Análisis de mercado y perspectivas de los tractores agrícolas en México. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/293739>
- Agronews Castilla y León (Agronews) (2018). Las ventas mundiales de tractores, en 2017, llegaron a los 2,1 millones de vehículos, un 13% más que en el año previo. <https://www.agronewscastillayleon.com/las-ventas-mundiales-de-tractores-en-2017-llegaron-los-21-millones-de-vehiculos-un-13-mas-que-en-el>
- Ayala Garay, A. V., Cortés Espinosa, L., Larqué Saavedra, B. S., Sangerman- Jarquín, D. Ma., & Garay Hernández, M. (2012). Situación de la mecanización del Estado de México: el caso de Teotihuacán, Tepetzotlán y Zumpango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (4), 838-846. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263125299028>
- Ayala-Garay, A. V., Cervantes-Osornio, R., Audelo-Benítez, M. A., Velázquez-López, N. & Vargas-Sállago, J. M. (2013). La normalización y certificación de tractores agrícolas en México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22 (Supl. 1), 86-93. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22s1/rcta16513.pdf>
- Banco de México (Banxico) (2022). Sistema de Información económica, tasas de interés en el mercado de dinero. <https://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=18&accion=consultarCuadro&idCuadro=CF111&locale=es>
- Bernat-Juanos, C. (1980). Maquinaria para Agricultura y Jardinería (1ª ed). Editorial Aedos Barcelona.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria) (CEDRSSA) (2017) Reporte Las exportaciones agrícolas de México. Recuperado de www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/67Exportaciones.pdf
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria) (CEDRSSA) (2019). El sector agropecuario en el PIB. www.cedrssa.gob.mx/files/b/9/47SectorAgro_PIB.pdf
- CNH MEXICO, S.A de C.V (CNH) (2017). Lista de Precios. Incentivo adquisición de maquinaria y Equipo 2017. <http://sicodi.cnhmexico.com.mx/Boletines/CNH%20Comercial/CNHC-0117-024.pdf>
- CNH MEXICO, S.A de C.V (CNH) (2018) Lista de Precios. Incentivo adquisición de maquinaria y Equipo 2018. <http://sicodi.cnhmexico.com.mx/Boletines/CNH%20Comercial/CNHC-0118-004.pdf>

- Comercializadora Mexicana Integral (COMEXI) (2015). Costos Horarios Actualizados a vigencia agosto de 2015. http://www.comexi.com.mx/costos/Costos_Agosto_2015.pdf
- Comercializadora Mexicana Integral (COMEXI) (2020). Costos Horarios Actualizados a vigencia octubre 2020. http://www.comexi.com.mx/costos/CH_Oct_2020.pdf
- Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI) (2021). Evolución del Salario Mínimo. <https://www.gob.mx/conasami/documentos/evolucion-del-salario-minimo?idiom=es>
- Cortes M., E., Álvarez M., F y González S., H. (2009). La mecanización agrícola: gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones de campo. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 4(2),151-160. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321428102015>
- Curiosfera (2022). Historia del tractor: origen e inventor. <https://curiosfera-historia.com/historia-del-tractor-y-su-inventor/>
- Fideicomisos Instituidos en relación con la agricultura (FIRA) (2021). Informe de Actividades. <https://www.fira.gob.mx/Nd/InformeActividades.jsp>
- García Mata, R., J. A., García Salazar y R. C. García Sánchez. (2003). Teoría del mercado de productos agrícolas. Primera edición. Colegio de Postgraduados, Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática, Programa de Postgraduados en Economía. Montecillo, Estado de México. 282 p.
- Gujarati, D.N. & Porter, D.C. (2010). *Econometría*. (5ta. ed.). McGraw-Hill.
- Gutiérrez-Rodríguez, F., J. Hernández-Ávila., A. González-Huerta., D. De Jesus-Pérez López., R. Serrato-Cuevas y A. Laguna-Cerda. (2018). Diagnóstico de tractores e implementos agrícolas en el municipio de Atlacomulco, Estado de México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 9(8), 1739–1750. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1549>
- Hernández-Ávila, J., Gutiérrez-Rodríguez, F., González-Huerta, A., & Bailón-Sáenz, H. (2019). Nivel de mecanización agrícola en el municipio de Zinacantepec, Estado de México. *CIENCIA Ergo-Sum*, 27(1). doi:<https://doi.org/10.30878/ces.v27n1a7>
- Hernández-Ávila, J., F. Gutiérrez-Rodríguez., A. Díaz-Viquez., A. González-Huerta y R. Serrato-Cuevas. (2022). Evaluación el nivel de mecanización tecno-agrícola en seis municipios del valle de Toluca. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 13(3), 421–432. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2780>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1936). Primer Censo Agrícola Ganadero 1930. Ciudad de México, México. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/inegi/productos/historicos/1329/702825110024/702825110024_1.pdf

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1959). Censos Agropecuarios. Totales comparativos 1930,1940 y 1950. México. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/inegi/productos/historicos/1329/702825110734/702825110734_1.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1995). La Industria Automotriz en México. Producción de Vehículos Automotores 1989-94. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/inegi/productos/historicos/1334/702825128586/702825128586_3.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2000). La industria automotriz en México. Volumen de la producción de tractores agrícolas según empresa y modelo 1994-97. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/inegi/productos/historicos/1334/702825129859/702825129859_9.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2009a). La Industria Automotriz en México 2009. Series estadísticas sectoriales. centro.paot.org.mx/documentos/inegi/industria_automotriz_2009.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2009b). VIII Censo Agrícola Ganadero y Forestal 2007. https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/219/related_materials?idPro=
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2019). Paridades de Poder de Compra (PPC). <https://www.inegi.org.mx/programas/ppc/2019/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). Censo de *Población y Vivienda 2020*. Número de habitantes. <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2022). Maquinaria y equipo. Porcentaje de unidades de producción con maquinaria propia, según tipo. <https://www.inegi.org.mx/temas/maquinaria/>
- John Deere (2021). John Deere - Fact Books. Tractor and Combine Industry Unit Sales. https://s22.q4cdn.com/253594569/files/doc_downloads/books/2022/Tractor-Combine-Fact-Book_2021.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s/f). Análisis del parque nacional de tractores agrícolas 2005-2006. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/fondo/pdf/5472_19.pdf
- Morales-Carrillo, N. & Martínez-Damián, M. A. (1998). El sistema de demanda casi ideal aplicado a tractores agrícolas en México. *Agrociencia*, ISSN-e 1405-3195, Vol. 32, Nº. 2, 1998, págs. 157-164. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1540/1540>

- Mora-Flores, J. S. (1986). La oferta y demanda de tractores agrícolas en México, evaluación cuantitativa y cualitativa. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 163 p.
- Muñoz, R. M, Llanos, J. L, y Sáez, L. D. (2011). Relación entre el Parque de Tractores Agrícolas y el Patrón de Difusión y Adopción mediante un Modelo Logístico. *Información tecnológica*, 22(6), 121-128. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000600013>
- Muñoz, R. and J. Llanos. (2012). Estimation of the lifespan of agricultural tractor using a diffusion model at the aggregate level. *Ciencia e investigación agraria*, 39(3), 557-562. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202012000300014>
- Negrete, J.C., Tavares-Machado, A.L. & Tavares-Machado, R.L. (2013). Parque de tractores agrícolas en México: estimación y proyección de la demanda. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(3), 61-69. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n3/rcta11313.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2022). FAOSTAT database on Agriculture Machinery. Maquinaria. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/RM>
- Organismo de Certificación de implementos y Maquinaria Agrícola (OCIMA) (2022). Marcas certificadas https://vun.inifap.gob.mx/portalweb/_ocimaX
- Palacios-Rangel, M. I. y Ocampo-Ledesma, J. (2012). Los tractores agrícolas de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(spe4), 812-824. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000900026&lng=es&tlng=es.
- Perea, E. (2018). Imagen Agropecuaria. Industria de tractores en México colocará entre 12 y 13 mil unidades en 2018. <https://imagenagropecuaria.com/2018/industria-de-tractores-en-mexico-colocara-entre-12-y-13-mil-unidades-en-2018/>
- Regalado-Negrete, J. C. Mecanización Agrícola en México. 1ª edición, México. 2006; págs. 52–58. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN20R333.pdf>
- Ruiz-Altisent, M. y J. Gil-Sierra. (2000). La maquinaria agrícola en el siglo XX. *Revista Phytoma España* No. 121 Agosto/septiembre 2000. https://oa.upm.es/16238/1/02_050.pdf
- Sánchez Hernández, M. A., Ayala Garay, A. V., Cervantes Osornio, R., Garay Hernández, M., De la O-Olán, M., Martínez Trejo, G. y Velázquez López, N. (2014). Diagnóstico de la maquinaria agrícola en Amecameca y Texcoco, Estado de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 11(4), 499-516. Doi: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722014000400004&lng=es&tlng=es.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). 6to. Informe De Labores De La SAGARPA 2017 – 2018. https://framework-gb.cdn.gob.mx/data/institutos/sagarpa/6to_informe_labores_sagarpa_lunes%2008.pdf
- Secretaria de desarrollo rural y Agroempresarial (SEDRAE) (2019). Programa estatal para la adquisición de tractores. Gobierno del estado de Aguascalientes. https://www.aguascalientes.gob.mx/sedrae/informacion/archivos/APOYO_TRACTORES_GRUPO_v1.pdf
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2019) Estadística de uso tecnológico y de servicios en la superficie agrícola. Superficie agrícola mecanizada. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2022). Producción agrícola. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAMI). (2021). Evolución de la fracción arancelaria para Tractores de ruedas con toma de fuerza o enganche de tres puntos, para acoplamiento de implementos agrícolas. Gobierno de México. <http://www.economia-snci.gob.mx>
- Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) (2022). Consulta de establecimientos. <https://siem.economia.gob.mx/ui/pubconsultaestablecimientos>
- Suarez-López, G. (2011). Imagen Agropecuaria. Impacta clima y crisis económica mercado de tractores en México. <https://imagenagropecuaria.com/2011/impacta-clima-y-crisis-economica-mercado-de-tractores-en-mexico>
- Terrones-Cordero, A. & Martínez-Damián, M. A. (2012). Demanda de insumos agrícolas en México un enfoque dual. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 51-65. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n1/v3n1a4.pdf>
- Terrones-Cordero, A., Martínez Damián, M. A., & Sánchez Torres, Y. (2020). Análisis dual del comportamiento del sector primario en México 1980-2020. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 11(5), 1179–1187. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.1819>