



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

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

DOCTORADO EN PROBLEMAS ECONÓMICO AGROINDUSTRIALES

**LA TRACTORIZACIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO: SU DIFUSIÓN, ADOPCIÓN,
TRAYECTORIAS Y MERCADO**

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO AGROINDUSTRIALES

Presenta:

GERMÁN ORTIZ MARTÍNEZ

Bajo la supervisión de:

MARÍA ISABEL PALACIOS RANGEL, DOCTORA
JORGE GUSTAVO OCAMPO LEDESMA, DOCTOR



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISION DE EXAMENES PROFESIONALES




Chapingo, Estado de México, febrero 2019.

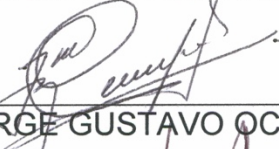
LA TRACTORIZACIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO: SU DIFUSIÓN, ADOPCIÓN,
TRAYECTORIAS Y MERCADO

Tesis realizada por **GERMÁN ORTIZ MARTÍNEZ**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO AGROINDUSTRIALES

Director: 


DRA. MARÍA ISABEL PALACIOS RANGEL

Co-Director: 


DR. JORGE GUSTAVO OCAMPO LEDESMA

Asesor: 

DR. FERNANDO CERVANTES ESCOTO

Asesor: 

DR. JUAN MANUEL VARGAS CANALES

Lector Externo 

DRA. ALMA VELIA AYALA GARAY

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
ABREVIATURAS USADAS	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
DATOS BIOGRÁFICOS	ix
RESUMEN GENERAL	x
GENERAL ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Objetivos y preguntas de investigación	5
1.3. Estructura del documento de titulación	6
1.4. Literatura citada	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y DE REFERENCIA	10
2.1. Teorías y conceptos	11
2.1.1. Teoría de la Sociología de la Tecnología	11
2.1.2. Teoría de la Economía Neoclásica.....	13
2.1.3. Enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS).....	15
2.1.4. La tecnología	16
2.1.5. Cambio tecnológico.....	17
2.1.6. El concepto de mercado	18
2.2. Enfoques y referencias	19
2.2.1. Antecedentes.....	19
2.2.2. Políticas de subsidio en la tractorización agrícola	20
2.2.3. Efectos de la tractorización en el cambio técnico	22
2.2.4. Impactos de la tractorización en el sector rural	24

2.3. Literatura citada.....	30
CAPÍTULO 3. LA DIFUSIÓN DEL TRACTOR AGRÍCOLA EN MÉXICO.....	34
3.1. Resumen	34
3.2. Abstract.....	34
3.3. Introducción.....	35
3.4. Metodología.....	38
3.4.1. Las regiones de México en la tractorización.....	38
3.4.2. Fuente de los datos.....	39
3.4.3. Modelo de difusión logístico	39
3.5. Resultados y discusión.....	41
3.5.1. Inicios de la difusión.....	42
3.5.2. Velocidad de la difusión del tractor.....	45
3.5.3. Parque de tractores.....	51
3.6. Conclusiones	52
3.7. Literatura citada.....	54
CAPÍTULO 4. TRAYECTORIA SOCIO-TÉCNICA DEL TRACTOR AGRÍCOLA EN MÉXICO	57
4.1. Resumen	57
4.2. Abstract.....	57
4.3. Introducción.....	58
4.4. Metodología.....	59
4.4.1. Recolección de la información	60
4.5. Resultados y discusión.....	61
4.5.1. Trayectoria socio-técnica del tractor agrícola	61
4.5.2. Alianzas socio-técnicas entre empresas de tractores en el ámbito internacional	66
4.5.3. Alianzas socio-técnicas en México.....	68
4.6. Conclusiones	70
4.7. Literatura citada.....	71
CAPÍTULO 5. MERCADO MEXICANO DE TRACTORES AGRÍCOLAS.....	74
5.1. Resumen	74
5.2. Abstract.....	74

5.3. Introducción	75
5.4. Metodología	78
5.4.1. Datos y métodos de cálculo	78
5.5. Resultados y discusión	79
5.5.1. Consumo nacional de tractores.....	79
5.5.2. El parque de tractores y su depreciación	81
5.5.3. Oferta de tractores agrícolas.....	82
5.5.4. La red de distribuidores.....	83
5.5.5. Tractores ofertados en México.....	84
5.5.6. Valor de mercado de tractores	87
5.6. Conclusiones	88
5.7. Literatura citada	89
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES GENERALES	91

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Las regiones de México.....	39
Cuadro 2. Parámetros del modelo logístico en la difusión nacional y regional del tractor agrícola	42
Cuadro 3. Parque de tractores en el largo plazo vs el censo agropecuario 2007	52
Cuadro 4. Clasificación de los tractores de acuerdo a su potencia	79
Cuadro 5. Parque de tractores, ventas y unidades obsoletas, 1991-2007	81
Cuadro 6. Número de modelos por tipo de los tractores ofertados (2017).....	85
Cuadro 7. Potencia de los tractores por empresa	85
Cuadro 8. Principales características de los tractores ofertados por categoría.	86
Cuadro 9. Precio promedio en dólares de los tractores por empresa y tipo en 2015	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del documento de titulación	7
Figura 2. Sistemas tecnológicos de Thomas Hughes	12
Figura 3. Constructivismo social de la tecnología	13
Figura 4. Estudios sobre el tractor a nivel mundial de 1970 al 2017	19
Figura 5. Trayectoria y etapas de desarrollo de la difusión regional y nacional del tractor agrícola	47
Figura 6. Trayectoria socio-técnica del tractor agrícola en México.....	62
Figura 7. Fusiones y desarrollos tecnológicos de las principales empresas a nivel mundial	67
Figura 8. Alianzas socio-técnicas del tractor agrícola a través del tiempo	69
Figura 9. Consumo nacional de tractores agrícolas en México, 1990-2016.....	80
Figura 10. Red nacional de distribuidores de tractores en el 2017.....	84

ABREVIATURAS USADAS

CIH:	Case International Harvester
EUA:	Estados Unidos de América
FAO:	Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
INEGI:	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INIFAP:	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
JD:	John Deere
Kub:	Kubota
McC:	McCormick
MF:	Massey Ferguson
NH:	New Holland
OCIMA:	Organismo de Certificación de Implementos y Maquinaria Agrícola
SAGARPA:	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SARH:	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, SAGARPA, SADER
SIAP:	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SIDENA:	Siderúrgica Nacional
TLCAN:	Tratado de Libre Comercio con América del Norte

DEDICATORIA

A la otra mitad de mi corazón: Ely...

A las ocho partes que completan mi espíritu:

Mamá, Papá, Papis, Ale, Toñis, Maye, Rosy, Rocío...

A la memoria de:

Mamis y Tía que ya no me vieron terminar el doctorado...

Germán Ortiz Martínez

AGRADECIMIENTOS

Al **pueblo de México** por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios de doctorado.

Al **CONACYT** por otorgarme la beca para cursar mis estudios de posgrado.

A la **Universidad Autónoma Chapingo** y **CIESTAAM** por la formación recibida para hacerme un hombre libre y de bien.

A la **Dra. María Isabel Palacios Rangel** por su paciencia, apoyo y compromiso en mi formación como investigador, su consejo para mi desarrollo personal y por su linda amistad.

A mi Comité Asesor: **Dr. Jorge Gustavo Ocampo Ledesma**, **Dr. Fernando Cervantes Escoto** y **Dr. Juan Manuel Vargas Canales** y a mi Lectora externa **Dra. Alma Velia Ayala Garay** por el tiempo, dedicación, consejos, aportes y sugerencias en este trabajo final.

A mis **amigos** que siempre me apoyaron para seguir adelante y continuar superándome día con día.

Finalmente, quiero agradecer a **todos mis profesores** por su apoyo y sus valiosos aportes.

Germán Ortiz Martínez

DATOS BIOGRÁFICOS

Germán Ortiz Martínez nació en Indaparapeo, Michoacán. Del 2003 al 2007 realizó los estudios de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Del 2009 al 2011 cursó la Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales en la División de Ciencias Económico-



Administrativas de la Universidad Autónoma Chapingo. De enero de 2015 a diciembre de 2018 realizó los estudios de Doctorado en Problemas Económico Agroindustriales en el Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo.

En el ámbito profesional se ha desempeñado como extensionista agrícola en el estado de Michoacán, y como Ejecutivo de Financiamiento Rural en la Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (FND) en la Agencia Estatal de Morelia. De igual manera, ha participado en congresos nacionales e internacionales, entre los que destacan los Congresos Agronómicos de los años 2016 y 2017, como doctorando seleccionado en la Escuela Doctoral de la Red Iberoamericana en Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología (ESOCITE) realizado en Bogotá, Colombia durante 2017; en el Congreso de ESOCITE 2018 en Santiago de Chile; y en el Congreso de la Asociación Argentina de Economía Agrícola (AAEA) 2018 llevado a cabo en la Ciudad de Santa Fe, Argentina. En la actualidad se desempeña como consultor en temas de producción agrícola y en aspectos sobre financiamiento agropecuario. Desde 2015 se ha especializado en estudios de la mecanización y tractorización agrícola en el ámbito nacional e internacional.

RESUMEN GENERAL

LA TRACTORIZACIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO: SU DIFUSIÓN, ADOPCIÓN, TRAYECTORIAS Y MERCADO¹

El uso de maquinaria agrícola en México, para este caso el tractor, ha derivado de distintos factores sociales, económicos y tecnológicos, siendo las políticas de gobierno las que determinaron su difusión, trayectoria y adopción. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo principal analizar la tractorización en México a través de la trayectoria tecnológica, de un modelo logístico en la difusión y de su oferta y demanda en el mercado. A manera de hipótesis se planteó que la tractorización se correspondió al proceso de modernización de la agricultura mexicana. Los resultados indican que la difusión y adopción del tractor se ha dado principalmente en aquellas regiones donde se practica una agricultura comercial extensiva potencializada por la Revolución Verde. La trayectoria socio-técnica que ha seguido el tractor fue fomentada por las políticas gubernamentales y las empresas transnacionales de tractores, estas últimas conforman un oligopolio en el mercado mexicano de tractores y son las que dictan la agenda tecnológica en el campo mexicano, además, el mercado de tractores se dinamizó una vez que entro en vigor el TLCAN, con un consumo de tractores de poco menos de 14 mil unidades anuales de 1991 a 2016. Derivado de lo anterior, el proceso de tractorización fue asimétrico entre las regiones agrícolas, la adopción del tractor se dio entre aquellos productores que practican una agricultura comercial, y una manera de acceder a la mecanización, los pequeños productores acuden a la maquila agrícola. De igual manera, la trayectoria técnica ha estado sujeta a las políticas de gobierno, además de que no existe una tecnología propia acorde a las condiciones de la mayoría de los productores existentes en el país, ya que las empresas transnacionales ofertan tecnología estandarizada a las condiciones generales de la agricultura mundial.

Palaras clave: Tractor agrícola, Política agrícola, Tecnología, Cambio tecnológico.

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

Autor: Germán Ortiz Martínez

Directora de Tesis: Dra. María Isabel Palacios Rangel

Co-Director de Tesis: Dr. Jorge Gustavo Ocampo Ledesma

GENERAL ABSTRACT

AGRICULTURAL TRACTORIZATION IN MEXICO: DIFFUSION, ADOPTION, TRAJECTORIES AND MARKET²

The use of agricultural machinery in Mexico, for this case the tractor, has derived from different social, economic and technological factors, being the government policies that determined its diffusion, trajectory, and adoption. The main research work goal was to analyze tractorization in Mexico through a technological trajectory, a logistic model in the diffusion and its supply and demand in the market. As a hypothesis, it was suggested that tractorization corresponded to the process of modernization of Mexican agriculture. Results indicate that diffusion and adoption of the tractor have occurred mainly in those regions where extensive commercial agriculture is practiced, potentiated by the Green Revolution. The socio-technical trajectory that the tractor has followed was fostered by government policies and transnational tractor companies, the latter forming an oligopoly in the Mexican tractor market and dictating technological agenda in the Mexican countryside. Tractor market became dynamic once NAFTA came into force, with a tractor consumption of just under 14 thousand units per year from 1991 to 2016. As a result of the above, tractorization process was asymmetrical among agricultural regions, adoption of the tractor occurred between those producers who practice commercial agriculture, and a way to access mechanization, small producers go to agricultural maquila. Similarly, technical trajectory has been subject to government policies, in addition to that there is no proprietary technology according to conditions of most of the existing producers in the country since transnational companies offer standardized technology to the conditions generals of world agriculture.

Key words: Agricultural tractor, Agricultural policy, Technology, Technological change.

² Doctoral thesis in Problemas Económico Agroindustriales, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Germán Ortiz Martínez

Advisor: María Isabel Palacios Rangel, Dr.

Co-Advisor: Jorge Gustavo Ocampo Ledesma, Dr.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Desde sus orígenes, la agricultura siempre ha estado en constante cambios generados por las invenciones, adopciones, adaptaciones e innovaciones hechas por el hombre. Entre éstas ha sido el uso de la fuerza mecánica, la cual comenzó a desarrollarse más intensamente en el último cuarto del siglo XIX. Siendo el tractor agrícola la innovación tecnológica más emblemática y revolucionaria de la agricultura moderna (Olmstead & Rhode, 2001; Ocampo, 2004) y junto con los otros componentes de los paquetes tecnológicos³ aumentaron la productividad.

El tractor puede describirse como una máquina autopropulsada, con aplicaciones (implementos) que posibilitan operar distintos procesos de trabajo, cuya cualidad real es reducir o remplazar la mano de obra (Amponsah, Oteng-Darko, & Kumi, 2012), lo que ayuda a vencer los cuellos de botella y liberarla para otras actividades, tanto fuera o dentro de la unidad de producción (Masera, 1990). De esta manera, fue un factor importante para el desarrollo de la noción de competitividad (Pingali, 2007) en la agricultura comercial.

La trayectoria en la difusión y adopción del tractor en la agricultura dependió de la condición de cada país y región, si eran centrales o periféricos. En las praderas canadienses y los cinturones cerealeros de EUA en el medio oeste obedeció, principalmente, a las necesidades de ampliar su frontera agrícola y la escasez de mano de obra por la expansión del territorio al oeste y la orientación productiva de la revolución industrial. De igual manera, este proceso se vió acelerado por las mejoras tecnológicas que hacían más versátil al tractor y que sustituían la

³ De acuerdo con Ocampo (2004) el paquete tecnológico promovido por la Revolución Verde se compone por semillas mejoradas, fertilizantes químicos, insecticidas y fungicidas químicos, mecanización y riego.

fuerza humana y animal (Lew, 2000; Olmstead & Rhode, 2001; Martini & Silberberg, 2006).

Para México y otros países de América Latina, impulsados por las dinámicas de mercado de los países centrales (EUA, Inglaterra y otros), la tractorización se debió a los procesos de modernización que implementaron los diferentes gobiernos nacionales (Palacios & Ocampo, 2012) para desarrollar una agricultura altamente comercial, inserta en circuitos agroexportadores y generadora de divisas. En otros países como los africanos, la difusión y adopción fue lenta e inclusive nula, sólo tuvieron éxito en aquellas regiones donde los sistemas de producción habían evolucionado a ciclos de producción cortos (Diao, Cossar, Houssou, & Kolavalli, 2014), con características agrarias para los que fueron desarrollados los tractores (Ocampo, 2004; Palacios, 2009) y con mercados bien desarrollados (Binswanger & Pingali, 1988; Pingali, 2007), tanto para los productos agrícolas como para los tractores.

En México, el uso del tractor comenzó a finales del siglo XIX, con la importación de un número reducido de estos (SARH, 1984) y fue hasta 1918 cuando se importaron poco más de 100 tractores (SARH, 1984; Ocampo, 2004). Desde un principio, el proceso de modernización de la agricultura apuntó hacia el norte del país, lo que generó asimetrías entre regiones. En el primer censo agrícola que se llevó a cabo en 1930, los estados del norte contaban con más del 50% del total de tractores, tendencia que no cambió hasta el 2007 (Palacios & Ocampo, 2012). La Revolución Verde⁴ que se llevó a cabo en la mitad del siglo XX fue la que aceleró la difusión y adopción del tractor agrícola, en una primera etapa, en los distritos de riego y una vez que éstos llegaron a saturarse, se vieron beneficiadas las zonas de temporal (Linck, 1985), principalmente aquellas que practicaban una agricultura enfocada al mercado.

⁴ El termino de Revolución Verde se utiliza para enmarcar el proceso de modernización de la agricultura mexicana a través de la introducción de los paquetes tecnológicos en los diferentes cultivos de interés nacional. En nuestro país comprende el periodo de 1940 a 1980, aproximadamente.

Si bien, la Revolución Verde impulsó el uso de tractor en la agricultura, esto no hubiera sido posible sin la intervención del gobierno mexicano. Éste fue uno de los principales actores que fomentaron su uso, a través de la aplicación de las diferentes políticas agrícolas. En un principio, importaba y distribuía la maquinaria (Ayala, Audelo, & Aragón, 2011) y una vez que el mercado se desarrolló, subsidió la adquisición de combustibles y maquinaria, dotó créditos con tasas de interés blandas, asimismo reguló la calidad de la maquinaria a través de la certificación, y en un momento, junto a la colectivización agraria, impulsó las centrales de maquinaria (Ocampo, 2004; Ayala et al., 2011; Palacios & Ocampo, 2012; Ayala, Cortés, Larqué, Sangerman-Jarquín, & Garay, 2012). Además, promovió la creación de grandes obras de infraestructura hídrica y la Revolución Verde en cultivos con el desarrollo de investigación aplicada en diferentes cultivos como maíz, trigo, frijol, café, hule, coco, henequén y caña de azúcar.

1.1. Planteamiento del problema

A lo largo del tiempo se han llevado a cabo diferentes estudios relacionados con el tractor agrícola en el contexto mexicano. Por ejemplo, Linck (1985) analizó sus impactos en la agricultura de temporal, concretamente en el empleo agrícola y el cambio de cultivo en Michoacán. Por otra parte, Cepeda y Gitli (1985) concluyeron que la diversificación en las fuentes de aprovisionamiento tecnológico, contribuyen a adecuar las tecnologías de acuerdo a las necesidades propias del país y la provisión de los factores de producción, haciendo referencia a la fabricación del tractor T-25 por parte de Siderúrgica Nacional (SIDENA) y la aceptación que éste tuvo en México.

Lo anterior deja entrever las consecuencias de no contar con una tecnología propia que se adapte a las condiciones agrarias mexicanas. Ocampo y Palacios (2014) estudiaron a los diseñadores nacionales de tecnología agrícola, poniendo al tractor como objeto de estudio. Exponen los intentos por establecer un diseño que se adapte a las condiciones agrícolas y agrarias del país sin lograrlo, principalmente, por la falta de interés del Estado y por el bloqueo de las empresas transnacionales de tractores establecidas en el territorio nacional.

Uno de los estudios más completos que se han realizado sobre el tractor agrícola es el de Ocampo (2004), donde analizó la trayectoria desde su entorno social, político, económico y tecnológico, haciendo énfasis en la relación máquina-hombre y el impacto que ha tenido en el sector rural, además de revisar la historia del tractor en México. Igualmente, Palacios (2009) analiza el uso del tractor en la maquila agrícola, como un sistema de organización entre los productores y los procesos de trabajo, y su impacto de éste en las regiones agrícolas.

Desde la perspectiva del mercado de tractores, Ayala et al. (2011) concluyeron que el servicio de certificación que proporciona el Organismo de Certificación de Implementos y Maquinaria Agrícola (OCIMA) permitió avanzar en la regulación de un mercado de calidad, principalmente en aquellos que son apoyados por los programas de adquisición de maquinaria.

Otras investigaciones como las de Ayala et al. (2012); Larqué, Cortés, Sánchez, Ayala, y Sangerman (2012) y Sánchez et al. (2014) han analizado al tractor desde una perspectiva regional, siendo el objeto de estudio los productores beneficiados con subsidios para la adquisición de tractores nuevos en el Estado de México, concluyeron que existe una subutilización de la maquinaria subvencionada y la existencia de sobre-mecanización. Lo anterior, se complementa con lo encontrado por Morales y Martínez (1998) y Palacios y Ocampo (2012), quienes concluyeron que existe una tendencia a nivel nacional por adquirir tractores de mayor potencia, fenómeno que se relaciona con el incremento de la maquila agrícola, ya que en 2007, de las 1.56 millones de unidades de producción agrícola, solamente 183 mil eran poseedores de al menos un tractor (INEGI, 2018).

Lo anterior, deja ver las deficiencias que han tenido las políticas públicas enfocadas a fomentar la modernidad instrumental en el sector rural y concretamente en la tractorización. Esto desencadenó una serie de problemáticas en la tractorización, ya sea desde el plano social, económico y tecnológico. Todos estos estudios se han acercado al tractor agrícola de manera parcial y desarticulada. Por ello, no se ha visualizado el papel del tractor en el

proceso de modernización. No existen referentes empíricos que aporten elementos para comprender el proceso de adopción y difusión del tractor en el país y prácticamente han faltado apreciar su impacto. En consecuencia, nuestro objeto de estudio fue precisar estos referentes que contribuyan al entendimiento del proceso de tractorización en México y los impactos que generó, por lo que se abordó desde la difusión, trayectoria y mercado, y de manera transversal las políticas agrícolas. Se obtuvo el modelo de tractorización de México, que ayuda a comprender este proceso y servirá como base en las propuestas de diseño de las próximas políticas para la mecanización.

1.2. Objetivos y preguntas de investigación

El objetivo principal de esta investigación fue analizar la tractorización agrícola en México a través de un modelo logístico sobre su difusión, una trayectoria tecnológica, y el mercado de tractores; con lo anterior, se observó la situación actual de la tractorización y su tendencias. Complementariamente se abordaron los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar la difusión del tractor agrícola en las diferentes regiones de México, a través de un modelo logístico que ayude a entender el proceso de tractorización.
2. Analizar la trayectoria socio-técnica del tractor agrícola en México y las principales alianzas que se dieron.
3. Analizar una parte de la estructura del mercado mexicano de tractores agrícolas con el fin de conocer su tendencia y situación actual.

Para entender el proceso de tractorización en México, se hicieron las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles han sido las asimetrías regionales en la difusión de tractor agrícola?
2. ¿Cómo contribuye el modelo logístico a modelar la difusión del tractor en México?
3. ¿Cuánto duró el proceso inicial de difusión?

4. ¿Qué trayectoria socio-técnica, referida al tractor, ha seguido en el proceso de modernización de la agricultura mexicana?
5. ¿Qué actores han sido clave para que se realice esta trayectoria?
6. ¿Qué alianzas estratégicas se dieron entre ellos en torno a la tractorización?
7. ¿Qué impactos sociales, económicos, tecnológicos y naturales ha causado el tractor?
8. ¿Cómo se ha sido la tendencia del mercado mexicano de tractores?
9. ¿Cuál es la estructura actual del mercado de tractores?
10. ¿Cómo ha influido el mercado en el proceso de tractorización?

A manera de hipótesis general se plantea que la tractorización se correspondió con el proceso de modernización de la agricultura mexicana, misma que ha sido dinámica. Este proceso fue fomentado de diversas maneras e intensidades por el gobierno federal, y retomado de manera diferenciada por los gobiernos estatales, a través de las diferentes políticas agrícolas, las cuales se han correspondido con el modelo económico acorde a su tiempo. El mal enfoque de estas políticas propició asimetrías regionales, un mercado oligopólico controlado por unas cuantas empresas, una tecnología general que no propiamente es la requerida por la agricultura mexicana y un limitado acceso a ésta por la mayoría de los productores agrícolas.

1.3. Estructura del documento de titulación

Este documento está estructurado en seis capítulos (Figura 1), de los cuales, dos se desarrollaron bajo el formato de artículos científicos y uno para capítulo de libro.

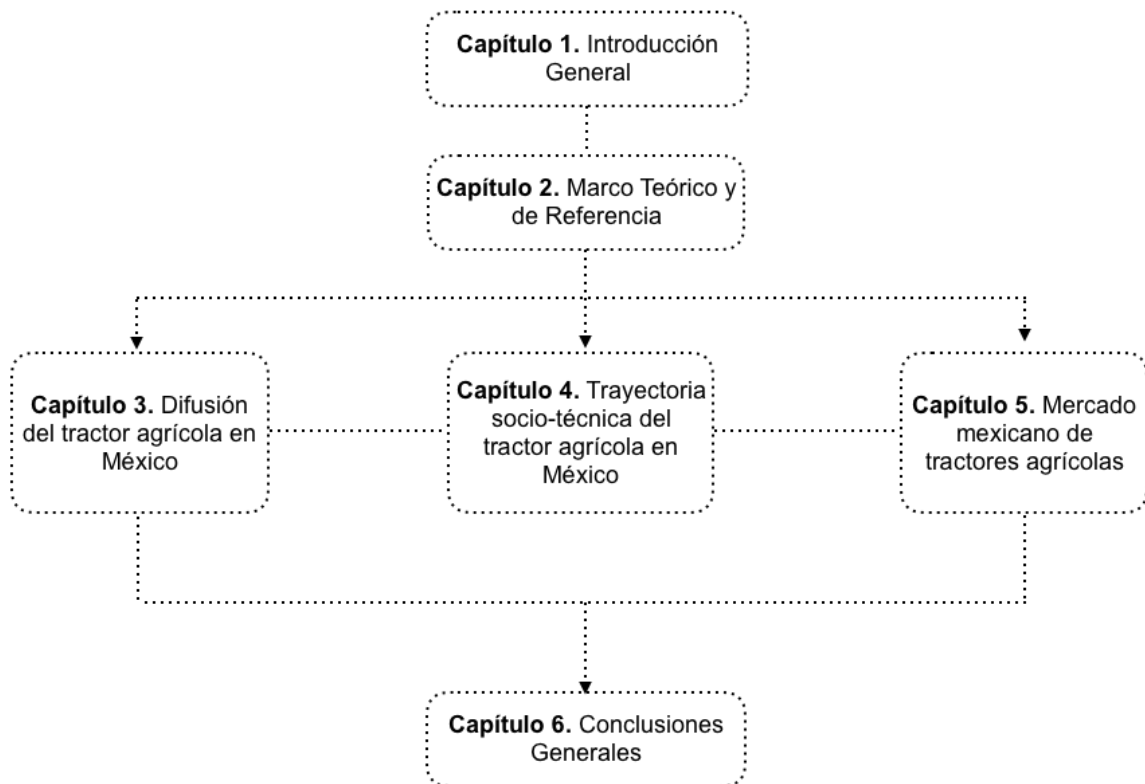


Figura 1. Estructura del documento de titulación

Fuente: Elaboración propia

En el primer capítulo, que es esta Introducción General, se abordan los antecedentes del tractor agrícola en el mundo y se contextualiza en la agricultura mexicana. Igualmente, se aborda la problemática del tractor, los objetivos, preguntas de investigación e hipótesis. Después del capítulo introductorio, en el segundo, se desarrolla el marco teórico-conceptual y el estado del arte sobre el tractor. Primeramente, se plantean los enfoques metodológicos y conceptos abordados, Posteriormente, se analizan los trabajos realizados de acuerdo a los principales temas de investigación.

En el capítulo 3 se analiza la difusión de tractor agrícola en México, lo cual se aborda para explicar su comportamiento en el ámbito regional; en éste se concluye que la difusión del tractor ha seguido los mismos patrones en velocidad y densidad mostrados en otros países, lo cual permite afirmar que la difusión del tractor agrícola en el ámbito mundial afectó el proceso de intensificación de los procesos de cambio tecnológico en el sector agropecuario mexicano. Por su

parte, el capítulo 4 se enfoca a explicar el desarrollo de la trayectoria socio-técnica del tractor en el ámbito nacional, visto desde las dimensiones social, económica y tecnológica, asimismo, se abordan las diferentes alianzas que se establecieron para su adopción en el campo mexicano. El capítulo 5, analiza algunos factores del mercado nacional de tractores agrícolas. De esta forma describe la estructura y dinámica actual del mercado, además de la tendencia que ha seguido en los últimos 25 años. Finalmente, en el capítulo 6 se presentan las reflexiones finales de la investigación a manera de conclusiones generales.

Los capítulos 3 y 5 se desarrollaron a manera de artículo científico, y el cuarto se integró como capítulo de libro a publicarse por la editorial de ESOCITE-LA. Cada uno de ellos se corresponde con los objetivos particulares planteados por la investigación.

1.4. Literatura citada

- Amponsah, S. K., Oteng-Darko, P., & Kumi, F. (2012). Potential and constraints of agricultural mechanisation in Ghana—A review. *International Agricultural Engineering Journal*, 21(2), 38–43.
- Ayala, A. V., Audelo, M. A., & Aragón, A. (2011). La situación del mercado de tractores en México, perspectivas y retos en la certificación. *Textual*, (58), 91–111.
- Ayala, G. A. V., Cortés, E. L., Larqué, S. B. S., Sangerman-Jarquín, D. M., & Garay, H. M. (2012). Situación de la mecanización del Estado de México: el caso de Teotihuacán, Tepotzotlán y Zumpango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (4), 838–846.
- Binswanger, H., & Pingali, P. (1988). Technological priorities for farming in Sub-Saharan Africa. *The World Bank Research Observer*, 3(1), 81–98. <http://doi.org/10.1093/wbro/3.1.81>
- Cepeda, O., & Gitli, E. (1985). Producción de tractores y transferencia de tecnología en México: el T-25 de origen soviético. *Comercio Exterior*, 35(8), 799–805.
- Diao, X., Cossar, F., Houssou, N., & Kolavalli, S. (2014). Mechanization in Ghana: Emerging demand, and the search for alternative supply models. *Food Policy*, 48, 168–181. <http://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.05.013>
- INEGI. (2018). Censo Agropecuario, Ganadero y Forestal 2007. Retrieved February 3, 2018, from <http://www.inegi.org.mx>
- Larqué, S. B. S., Cortés, E. L., Sánchez, H. M. Á., Ayala, G. A. V., & Sangerman,

- J. D. M. (2012). Análisis de la mecanización agrícola de la región Atlacomulco, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (4), 825–837.
- Lew, B. (2000). The diffusion of tractors on the Canadian prairies: the threshold model and the problem of uncertainty. *Explorations in Economic History*, 37(2), 189–216. <http://doi.org/10.1006/exeh.2000.0737>
- Linck, T. (1985). La mecanización de la agricultura de temporal. *Comercio Exterior*, 35(2), 150–160.
- Martini, D. D., & Silberberg, E. (2006). The diffusion of tractor technology. *The Journal of Economic History*, 66(2), 354–389. <http://doi.org/10.1017/S0022050706000155>
- Masera, O. (1990). *Crisis y mecanización de la agricultura campesina*. México, D.F.: El Colegio de México.
- Morales, C. N., & Martínez, D. M. A. (1998). El sistema de demanda casi ideal aplicado a tractores agrícolas en México. *Agrociencia*, 32(2), 157–163.
- Ocampo, L. J. G. (2004). *Sujetos y paradigmas tecnológicos: la tractorización del campo mexicano. Un escenario de conflictos desde Juchitepec, Estado de México*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Ocampo, L. J. G., & Palacios, R. M. I. (2014). *Los diseñadores nacionales de tecnología agrícola*. Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Olmstead, A. L., & Rhode, P. W. (2001). Reshaping the landscape: the impact and diffusion of the tractor in American agriculture, 1910-1960. *The Journal of Economic History*, 61(3), 663–698.
- Palacios, R. M. I. (2009). *Comportamiento y formas de organización de la maquila agrícola en una región de agricultura altamente tecnificada*. Colegio de Posgraduados.
- Palacios, R. M. I., & Ocampo, L. J. G. (2012). Los tractores agrícolas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp.*(4), 812–824.
- Pingali, P. (2007). Agricultural mechanization: adoption patterns and economic impact. *Handbook of Agricultural Economics*, 3, 2779–2805. [http://doi.org/10.1016/S1574-0072\(06\)03054-4](http://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4)
- Sánchez, H. M. A., Ayala, G. A. V., Cervantes, O. R., Garay, H. M., De la O, O. M., Martínez, T. G., & Velázquez, L. N. (2014). Diagnóstico de la maquinaria agrícola en Amecameca y Texcoco, estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 11(4), 499–516.
- SARH. (1984). *Programa nacional de tractores agrícolas y sus implementos 1985-1988*. *Archivo General de la Nación*.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y DE REFERENCIA

En este capítulo se abordan enfoques teóricos relacionados con la tecnología, a través del uso de los conceptos más importantes afines al objeto de estudio de la presente investigación. A partir de éstos se buscó elaborar una explicación más integral del proceso de tractorización agrícola que se ha desarrollado en México. De esta manera, se analiza la importancia de la tecnología en el desarrollo de las actividades productivas vinculadas a la agricultura. De ahí que el presente trabajo se enfoca en el análisis del cambio tecnológico a partir de sus trayectorias tecnológicas, así como el proceso (transferencia, innovación, difusión, adaptación) que estimuló la adopción del tractor. Para completar el análisis, se profundiza en el mercado, además de analizar diferentes elementos de políticas de gobierno. Lo anterior, permitió comprender más ampliamente el objeto de estudio, el tractor agrícola, donde las dimensiones económicas, tecnológicas, sociales y políticas se incorporan.

De igual manera, se desarrolla un marco de referencia donde se abordan los diferentes trabajos realizados por estudiosos de la tractorización agrícola en el ámbito nacional e internacional, con lo cual se busca una mejor comprensión de los conceptos de mecanización agrícola y tractorización. En ese sentido, la mecanización agrícola se concibe como todos aquellos elementos tecnológicos (y los artefactos que se utilizan en éstos) que operan como ordenadores de los procesos de trabajo (para este caso en la agricultura), ámbito donde se utilizan diversos mecanismos transformados en instrumentos, herramientas y máquinas, ya sean éstos activados por medio de la energía humana, animal, o autopropulsada.

Para el caso de la tractorización, ésta queda comprendida como una expresión concreta, artefactual, del proceso de mecanización agrícola (Amponsah, Oteng-Darko, & Kumi, 2012; Pingali, 2007). Cabe señalar que, aunque el tractor se

utiliza como componente operativo en la producción agrícola, sólo lo es para cierto tipo de agricultura con características específicas, donde variables como tipo de cultivo, suelo, pendiente, costos de producción y mercado objetivo, son determinantes en la selección del modelo de mecanización a instrumentar, así como los implementos técnicos a utilizar (Balbuena, Botta, Draghi, & C, 2003). De esta forma, la maquinaria agrícola se convierte en un componente asociado al sistema productivo en el que se inserta la producción agrícola, no importando su ámbito territorial.

Como parte del marco teórico se pueden observar diversos enfoques metodológicos que dan sustento al estudio de la tractorización en México, y permiten elaborar algunas explicaciones sobre su papel en el desarrollo rural nacional. De esta manera, en un primer momento se abordan aspectos y definiciones acerca de la tecnología y el cambio tecnológico. Enseguida, se discute la presencia de las empresas transnacionales en los mercados nacionales. Posteriormente, se realiza un acercamiento a los conceptos de política agrícola utilizados como preámbulo para discutir diversos elementos planteados en distintos trabajos publicados en revistas científicas, en torno a la tractorización del sector rural en distintos ámbitos nacionales.

2.1. Teorías y conceptos

2.1.1. Teoría de la Sociología de la Tecnología

La Sociología de la Tecnología trata de explicar cómo los procesos y estructuras sociales se relacionan con la instrumentación de cualquier propuesta tecnológica. Además, es contraria al determinismo tecnológico, el cual plantea que la tecnología es autónoma e influye directamente en la sociedad, es neutral y no tiene efecto sobre la sociedad (Aibar, 1996). Esta teoría es nueva, tiene sus orígenes en la década de 1980, en Estados Unidos de América y Europa Occidental, se compone principalmente por tres enfoques: los de sistemas tecnológicos, la teoría del actor red y constructivismo social.

Los principales representantes de estos enfoques son Thomas Hughes (1923-) para el enfoque de sistemas tecnológicos, el cual plantea que los sistemas tecnológicos contienen componentes para resolver problemas complejos, construidos socialmente y que a su vez configuran a la sociedad (Figura 2). Michel Callon (1945-) y Bruno Latour (1947-) se ubican en el segundo enfoque, en el de la Teoría del Actor Red, en el cual plantean que los procesos de innovación y desarrollo tecnológico son resultados de un proceso de negociación entre actores (Latour, 1996).

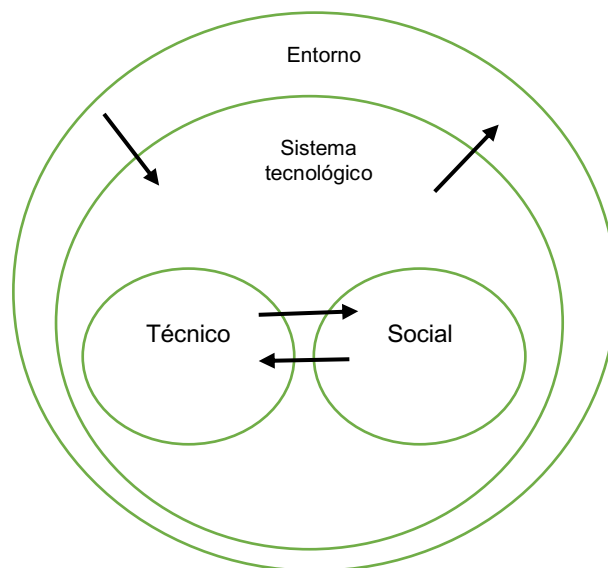


Figura 2. Sistemas tecnológicos de Thomas Hughes

En el tercer enfoque, el constructivismo social de la tecnología, es representado por Wiebe Bijker (1951-) y Trevor Pinch (1952-), donde "...en el desarrollo tecnológico, los artefactos técnicos muestran diversos grados de estabilización. Nunca alcanzan, sin embargo, una estabilidad absoluta" (Aibar, 1996:153), además de que la tecnología exitosa no es la única posible (Figura 3).

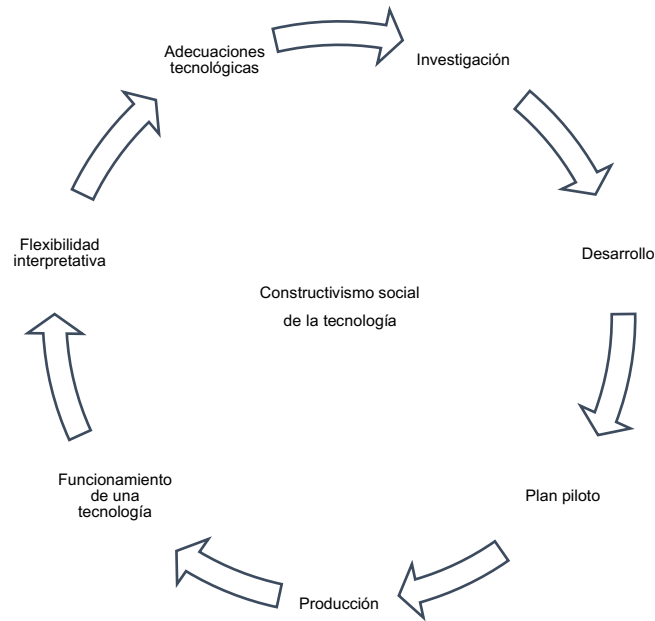


Figura 3. Constructivismo social de la tecnología

En la presente investigación se utilizó la Teoría de la Sociología de la Tecnología para entender la interacción que tiene el tractor (como componente tecnológico) con la sociedad, y como esta asociación entre actor social -productor- y actante -tractor-, se va co-construyendo hasta concebir al tractor agrícola como indispensable en el sector rural, visto técnica, social y económicamente e inclusive como un nodo de poder entre los campesinos.

Lo anterior, nos lleva a analizar a la tecnología y el cambio tecnológico desde su dimensión social, siendo la sociedad el principal actor, ubicándose en los territorios tecnológicos y en donde los nuevos paradigmas sustituyen o mejoran a las tecnologías ya existentes.

2.1.2. Teoría de la Economía Neoclásica

La Teoría de la Económica Neoclásica se centra, principalmente, en el planteamiento microeconómico, donde se introduce el análisis marginal el cual se orienta al estudio de la maximización de los recursos y el mercado como el eje central de la vida económica, el cual está regido por la Ley de la Oferta y la

Demanda que determinan el precio de los bienes y productos producidos (Parkin & Loría, 2010; Varian, 1998).

El abordaje de ésta teoría económica puede sintetizarse en el modelo teórico de la competencia perfecta, el cual, se caracteriza por la existencia de un gran número de compradores y vendedores, no hay barreras de entrada y los participantes en este mercado, tanto compradores como vendedores, están bien informados (Parkin & Loría, 2010); sin embargo en el mundo real los mercados no son perfectos. Esta teoría está representada por varios economistas de diferentes corrientes y escuelas, entre los que destacan Alfred Marshall (1842-1924), Arthur Cecil Pigou (1877-1959), Francis Y. Edgeworth (1845-1926), Wilfredo Pareto (1848-1923), Irving Fisher (1867-1947), Carl Menger (1840-1921), William S. Jevons (1835-1882) y Léon Walras (1834-1910).

Alfred Marshall se le atribuye ser el fundador de esta teoría, su principal obra fue "Principles of Economics" en 1890; contribuyó al desarrollo de los conceptos de elasticidad, el análisis del excedente, economías de escala y la ley de equilibrio general (Lagunilla, 1949). Arthur Cecil Pigou, discípulo de Marshall, fue el precursor de la economía del bienestar, el análisis marginal y discriminación de los precios. Otro economista neoclásico que contribuyó al desarrollo de la economía neoclásica fue Wilfredo Pareto, conocido ampliamente por la Ley de Pareto que postula la significancia de los efectos en una relación basada en el principio de proporcionalidad 80-20. Se podría seguir enumerando más economistas junto con sus valiosas aportaciones, pero lo verdaderamente importante es que la economía neoclásica es la que prevalece y rige al mercado en la actualidad.

Los conceptos de la Teoría de la Economía Neoclásica se utilizaron para entender el mercado donde se comercializa el tractor agrícola, además de la racionalidad que aplican los productores en la adquisición de tractores nuevos y en la implementación de las diversas estrategias para amortizar la inversión, por ejemplo, la maquila agrícola por parte de pequeños productores con la posesión de un tractor que rebasa su capacidad instalada.

2.1.3. Enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS)

Más allá de la Sociología de la Tecnología, se encuentra el enfoque de Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS). En éste se presenta un planteamiento más amplio en el análisis de la ciencia y tecnología, donde están vinculadas las dimensiones territoriales, culturales, ideologías, idiosincráticas, políticas y económicas que interactúan con los actores en un espacio determinado (Kreimer, Vessuri, Velho, & Arellano, 2014). A lo largo de la historia del enfoque CTS se ha discutido a que adscripción disciplinaria pertenece, por un lado hay quienes defienden que estos estudios pertenecen a las ciencias sociales; por el otro, éstos retoman como objeto de estudio a las ciencias y a la tecnología (Kreimer, 2017).

El enfoque CTS se utilizó para comprender a la tecnología como producto de la construcción social, y la interacción de ésta con la tecnología, para este caso el tractor agrícola. En este sentido, tenemos que el tractor agrícola fue producto de las interacciones de los diferentes factores económicos, sociales, tecnológicos y políticos, los cuales delimitaron su trayectoria, difusión, adopción, adaptación e innovación en las diferentes regiones de México.

De acuerdo a Kreimer (2017) los estudios CTS se encuentran en un tercer momento, donde se han institucionalizado bajo la forma de institutos y centros de investigación, programas y sociedades científicas. Actualmente, en Latinoamérica, encontramos a fuertes representantes de este enfoque, entre los que destacan Pablo Kreimer, Hebe Vessuri, Hernan Thomas, Antonio Arellano, Rosalba Casas, entre otros más.

Ciertamente, existen diversas áreas de estudio que se basan en el campo CTS para el análisis de las tecnologías en las diferentes ramas, la agricultura no ha sido la excepción, tenemos a Ocampo (2004) el cual analizó la tecnología del tractor agrícola en el sector rural mexicano, Palacios (2009) estudió la organización de la maquila agrícola desde la tecnología del tractor y Vargas (2016) exploró el cambio tecnológico que se ha dado entorno a la agricultura protegida. Estos trabajos han dado importantes resultados en el comportamiento

de la tecnología desde el enfoque CTS, que difícilmente se habían obtenido desde los métodos de análisis tradicionales.

2.1.4. La tecnología

En la actualidad la tecnología es conceptualizada de diversas maneras, de acuerdo con las corrientes de pensamiento existentes. Primeramente, encontramos a los que separan la tecnología de lo social, y ven a la tecnología como máquinas y herramientas, como un producto final de la ciencia aplicada, lo que lleva a privarla de las dimensiones histórica y social, y englobarla simplemente como artefactual e intelectualista (Osorio, 1997). La economía supone que la tecnología es un factor independiente de la sociedad y se considera una herramienta estratégica en la competitividad (Pérez, 1996) e importante en el crecimiento económico (Dosi & Nelson, 2009; Nelson & Nelson, 2002) que mantienen las ventajas comparativas y eleva los niveles de bienestar de la población (Arellano, 1999).

La tecnología desde su dimensión social, es producto de las elecciones técnicas de un grupo de personas (Feenberg, 2005); de igual manera, se relaciona con los procesos sociales y éstos, a la vez, imprimen sus características en la misma (Thomas, 2010) y que de igual manera lleva a su estudio de la sociedad en la que se inscribe para ser comprendida.

Esta división de cómo entender la tecnología ha derivado el desarrollo de los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) los cuales analizan la ciencia y la tecnología desde las ciencias sociales, donde la tecnología retoma un papel protagónico en las diferentes sub-disciplinas como la antropología, historia, política, entre otras (Kreimer, 2007, 2017).

En síntesis, la tecnología puede comprenderse desde los diferentes enfoques y dimensiones que se analice. Para la presente investigación, el tractor agrícola como una tecnología estudiada, se conceptualizó y analizó desde las dimensiones políticas, económicas, tecnológicas y sociales, es el proceso de

difusión y adopción, el mercado agrícola y las trayectorias tecnológicas que este siguió.

2.1.5. Cambio tecnológico

Al igual que la tecnología, el cambio tecnológico puede verse de manera simple o compleja. En las diferentes dimensiones en el análisis de la tecnología y el cambio tecnológico llevan a concebirlo de manera diferente. Económicamente, cuando el crecimiento económico es explicado sin considerar otras variables, tales como capital y trabajo, el cambio tecnológico destaca su papel en la producción (Rip & Kemp, 1998). Schumpeter concibió al cambio tecnológico como fuente de crecimiento económico, pero consideró a la tecnología como un factor exógeno (Pérez, 2010).

Dentro de los intentos por endogeneizar el cambio tecnológico en la economía dominante se desarrolló la Teoría de la Innovación Inducida en la década de 1960 (Binswanger, 1974). Dentro de esta teoría, el cambio tecnológico se lleva a cabo para responder a los cambios económicos que se realizan en el proceso de producción, principalmente para reducir costos en el uso de ciertos factores que tienden a incrementar su precio (Hayami & Ruttan, 1970).

Otros economistas que tratan el cambio tecnológico son Richard R. Nelson y Sidney G. Winter, los cuales analizan la tecnología desde la Teoría Evolutiva del cambio tecnológico, en la cual Dosi (1982) y Pérez (2010) incorporan los paradigmas tecnológicos (como la revolución industrial, la era del vapor y los ferrocarriles, el petróleo, las telecomunicaciones, entre otras) para explicar dicho cambio, donde éstos representan el ritmo y la dirección del cambio tecnológico en un ámbito dinámico.

Para el presente estudio el cambio tecnológico permite entender la trayectoria tecnológica que afecta los diferentes procesos que rodean a la tractorización agrícola, donde las dimensiones sociales, económicas, políticas y tecnológicas interactúan con procesos de cambio tecnológico que interactúan entre la transferencia, difusión, adopción y adaptación del tractor agrícola.

2.1.6. El concepto de mercado

La economía de mercado marca el ritmo en el mundo actual, siendo el modelo predominante, y dónde se realizan todos los intercambios, entre ellos la tecnología. Pero, ¿qué es el mercado? Parkin & Loría Díaz (2010:44) lo definen como "...cualquier acuerdo que permite a compradores y vendedores obtener información sobre algún bien o servicio y hacer negocios entre sí". En una economía perfecta se consideran que existen mercados competitivos donde: "...cada una de las empresas considera que el precio es independiente de sus propios actos, si bien son los actos de todas las empresas considerados en conjunto los que determinan el precio de mercado" (Varian, 1998).

En la economía actual es difícil observar un mercado perfecto competitivo, y menos en los mercados tecnológicos, donde las empresas poseedoras de una nueva tecnología, buscan maximizar sus ganancias con la comercialización de ésta. Así, la estructura ideal de mercado se distorsiona y da origen a los monopolios, el cual es cuando "...una empresa o un pequeño número de empresas tiene el control exclusivo de un producto en un determinado mercado" (Varian, 1998:253). Si bien las empresas productoras de tractores agrícolas no funcionan como tal un monopolio, ya que son varias las empresas que compiten, puede catalogarse que se encuentran entre un mercado de competencia perfecta y un monopolio, como un mercado oligopólico, el cual se caracteriza por ser una estructura de mercado, en el cual "...todas las empresas podrían fabricar un producto idéntico y competir sólo en el precio, calidad de los productos y marketing" (Parkin & Loría Díaz, 2010:342).

La industria de tractores agrícolas en México se encuentra en una estructura de mercado oligopólica, ya que existen barreras naturales y legales de entrada, además de que existen seis empresas en el mercado pero solo tres de éstas controlan poco más del 90% del mercado mexicano de tractores agrícolas (Ayala, Audelo, & Aragón, 2011). Entre las barreras naturales que dificultan la entrada de nuevas empresas al mercado de tractores son las economías de escala, además de la inversión inicial que ha limitado que nuevas empresas con

propuestas tecnológicas accedan a este mercado. En limitantes legales, las empresas tienen patentada la tecnología desarrollada que hacen funcional al tractor agrícola.

2.2. Enfoques y referencias

2.2.1. Antecedentes

Estudios relacionados con el tractor, específicamente en el ámbito económico y social, comenzaron a desarrollarse en la década de 1970 con un estudio histórico del tractor en Estados Unidos. Entre 1980 y 2009 los estudios relacionados con este artefacto no sobrepasaron los diez por década, posteriormente, del año 2010 a la fecha los estudios se incrementaron de manera considerable, en aproximadamente 300% (Figura 4), lo anterior, se debe a la relevancia que está tomando la mecanización en los procesos de producción agrícola, ante un escenario que requiere estabilizar las inversiones y por la escasez de mano de obra en algunas regiones agrícolas.

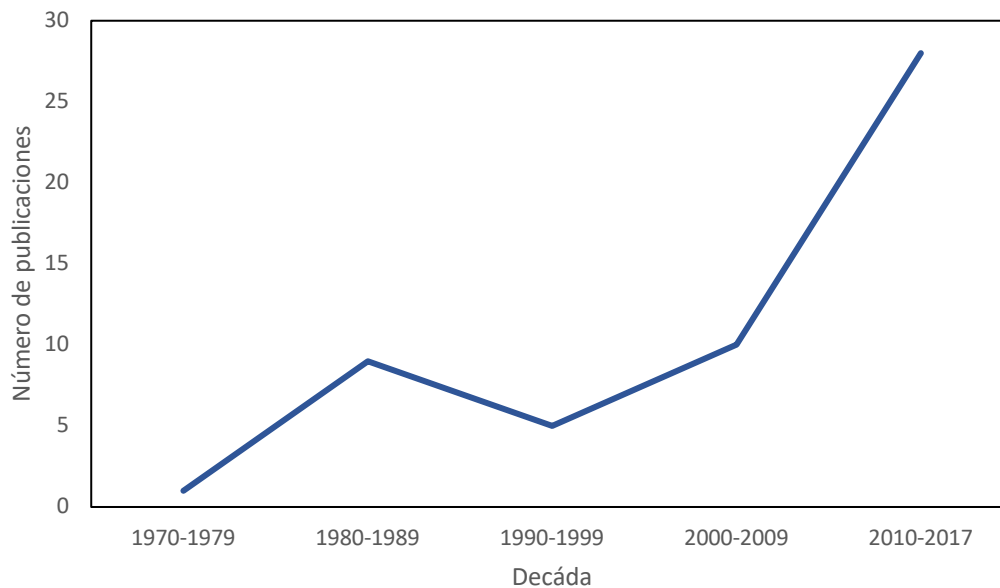


Figura 4. Estudios sobre el tractor a nivel mundial de 1970 al 2017

En cuanto al país de origen de los análisis, el mayor número se ha realizado en Estados Unidos de América y Canadá, enfocados principalmente a la historia

económica de la difusión y adopción del tractor agrícola. En segundo lugar, se tienen los estudios realizados para África Sub-Sahariana, en los cuales se analizan las políticas de gobierno encaminadas a introducir y promover el uso de la mecanización, siendo el tractor el principal objeto de estudio. Enseguida, están los estudios realizados en América Latina, principalmente enfocados a estudiar el parque de tractores (México y Chile), el mercado (Brasil) y su industria (Argentina). Posteriormente, tenemos los estudios realizados en Asia, los cuales analizan la política para fomentar la adquisición de tractores agrícolas y el impacto que éste tiene en la producción agropecuaria. Por último, se encuentran los trabajos desarrollados en Europa, enfocados principalmente al estudio del mercado y marketing de las diferentes empresas productoras y comercializadoras de tractores con presencia en este continente.

Con la finalidad de comprender las tendencias y características de los estudios realizados para el tractor agrícola, se analizaron y dividieron en tres grupos: i) las políticas de subsidios en la tractorización agrícola, ii) efectos del cambio tecnológico, y iii) los impactos de la introducción del tractor en el sector rural.

2.2.2. Políticas de subsidio en la tractorización agrícola

Desde el siglo XX, sobre todo en la segunda mitad, los gobiernos de los países han participado intensamente en la implementación de políticas públicas que promueven la mecanización agrícola. Éstas han tenido diversos resultados, mismos que dependen del contexto tiempo-espacio en el que se llevan a cabo. Las políticas a las que más frecuentemente recurren la mayoría de los gobiernos, son las orientadas a la importación y distribución directa de maquinaria (Ayala et al., 2011; Houssou et al., 2013). Otras políticas utilizadas son las subvenciones de los precios de maquinaria agrícola y combustibles que utiliza, para la mayoría de los casos el diésel (Ayala Garay et al. 2011, Negrete 2011, Houssou et al. 2013). También, existen las que promueven la dotación de créditos con tasas blandas de intereses (Ayala et al., 2011; Negrete, 2011), así como, la desaparición o minimización de los sistemas de aranceles y derechos aduaneros

(Negrete, 2011) y el suministro de servicios de evaluación, pruebas y certificación de la maquinaria agrícola (Ayala et al., 2011; Negrete, 2011).

Dada la importancia que representa la mecanización para la agricultura de un país y las políticas que se implementan para su difusión y adopción, algunos trabajos analizan las causas que llevaron a la implementación de éstas. Para México, de acuerdo a Palacios y Ocampo (2012), la mecanización agrícola ha formado parte de las políticas de desarrollo rural dentro de un proceso de modernidad instrumental en el campo mexicano. Así, las principales políticas implementadas en el país, según Negrete (2011) son:

“...(i) créditos para compra de maquinaria agrícola a tasas de interés subvencionadas, (ii) subsidios al precio de los combustibles, (iii) desaparición o minimización de los sistemas de aranceles y derechos aduaneros, (iv) deducciones impositivas con respecto a su costo, (v) fijación de normas industriales y estandarización de los componentes, (vi) control a los precios de maquinaria agrícola y (vii) suministro de servicios de evaluación, pruebas, y certificación de maquinaria agrícola.”

Ayala et al. (2011) mencionan que todas estas políticas ayudaron a mantener un crecimiento constante, principalmente en el parque de tractores hasta la década de 1990.

En el contexto internacional, los gobiernos de otros países han implementado políticas para promover la adopción de maquinaria agrícola, las cuales han seguido diversos cauces. Ejemplo de esto es el proceso que se ha dado en los países del continente africano, donde las políticas de mecanización comenzaron a implementarse una vez que se independizaron de los países europeos con la finalidad de aumentar su producción de alimentos y materias primas para la industria local, e incrementar las reservas de divisas (Amponsah et al., 2012). Sin embargo, en el intento de ampliar la superficie cultivada y aumentar la producción mediante la mecanización, principalmente en zonas que están escasamente pobladas, esas políticas fracasaron debido a que los mercados no estaban preparados para absorber una sobreoferta de productos agrícolas (Pingali, 2007), consecuencia del incremento de la productividad agraria.

Con una perspectiva diferente, Pingali (2007) visualiza las políticas de mecanización en un contexto global en el crecimiento de la agricultura donde, las cuales deben de ser específicas para cada sector de ésta. Un ejemplo de estas políticas, son las que, dirigidas a mejorar la infraestructura rural, para el crecimiento sostenible de la productividad y el desarrollo rural. En este sentido, Yang et al. (2013) analizan el proceso de mecanización que se llevo a cabo en China, donde la mayoría de las unidades de producción agrícola no superan la hectárea y una disminución de la oferta de mano de obra agrícola. El gobierno de este país subsidió a grupos de productores para la adquisición de maquinaria, mejorando la infraestructura y proporcionó información de calendarios de la producción agrícola regional. Lo anterior fue crucial para el desarrollo de los servicios de maquila interprovinciales; esta implementación integral de políticas hicieron que China tuviera un aumento constante de la producción agrícola y de los rendimientos en los últimas dos décadas (Yang et al., 2013), con lo que han superado los principales obstáculos a la mecanización que se presentan en la mayoría de los países, como las pequeñas superficies agrícolas de las unidades de producción que imposibilitan la adquisición de maquinaria propia.

De esta forma las políticas de mecanización pueden responder a diversos factores para su implementación, teniendo repercusiones en otros ámbitos que van desde lo técnico hasta los socioeconómico.

2.2.3. Efectos de la tractorización en el cambio técnico

Varios estudios se han enfocado a analizar cómo los procesos de mecanización agrícola han cambiado e intensificado los sistemas agrícolas, y su repercusión en la producción de los países que la han implementado. La mayoría de éstos, han encontrado que la mecanización ha sido favorable en el incremento de la producción, debido a dos razones: el incremento de la productividad y la ampliación de la superficie cultivada.

Las políticas implementadas en beneficio de la mecanización agrícola realizada por los diferentes gobiernos buscan incrementar la producción y rentabilidad de

la agricultura, y en segundo término proveer de fuentes de energía a la agricultura distinta a la humana ante una disminución de la oferta ésta. Dentro del proceso de producción agrícola se utilizan principalmente tres fuentes de energía: humana, animal y mecánica. Con la mecanización agrícola se intenta reducir o reemplazar el mayor número de mano de obra (Amponsah et al., 2012), para mejorar la productividad y bajar los costos de producción (Pingali, 2007).

En general, cuando la agricultura es intensiva en mano de obra limita la superficie cultivada y los rendimientos, ya que las labores culturales en la mayoría de las veces no se realizan oportunamente (Amponsah et al., 2012). Diversos autores coinciden en que el proceso de mecanización en la agricultura contribuye a: (i) la reconversión de cultivos extensivos a cultivos de mayor intensidad y rentabilidad (Takeshima, Pratt, & Diao, 2013), (ii) cambio en el uso del suelo (Olmstead & Rhode, 2001), (iii) mayor puntualidad y precisión de las labores culturales (Amponsah et al., 2012; Martini & Silberberg, 2006), (iv) mayores rendimientos por hectárea, (v) ampliación de la área cultivada (Negrete, 2011), y (vi) la oportuna comercialización gracias al rápido transporte, limpieza y manipulación del producto (Amponsah et al., 2012).

De acuerdo con Pingali (2007), la intensificación de los sistemas de producción crea “cuellos de botella de energía” alrededor de las labores de la preparación de la tierra, cosecha y trilla; esto se supera con la adopción de la mecanización lo que ayuda a mejorar la productividad y bajar los costos de producción, principalmente en las zonas de regadío (Ayala et al., 2011; Palacios & Ocampo, 2012; Takeshima et al., 2013) en la mayoría de los países.

Pero estos “cuellos de botella de energía” pueden tener otras causantes y no precisamente por la intensificación de la agricultura, ejemplo de esto fue que parte de la motivación del uso del tractor en Canadá, era en respuesta a la escasez de mano de obra y el aumento de los precios de los cereales durante e inmediatamente después de la primera guerra mundial (Lew, 2000). De igual manera, Yang et al. (2013) reporta que en China el proceso de mecanización se

dio por la creciente disminución de la oferta de mano de obra agrícola, lo que estaba generando “cuellos de botella de energía” en la agricultura.

Los incrementos de la producción se dan principalmente por el aumento de los rendimientos y/o del área cultivada. El incremento de los rendimientos se debe a la puntualidad y precisión de las labores culturales (Amponsah et al., 2012; Martini & Silberberg, 2006), ya que en una agricultura, donde la estacionalidad de los cultivos y los tiempos son una limitante para realizar oportunamente las labores culturales, la mecanización juega un papel importante. Además, Amponsah et al. (2012) coinciden que en una agricultura donde se cultivan grandes extensiones, la mecanización es la mejor opción para realizar las labores oportunamente. De igual manera, la calidad y precisión en las labores de cultivo, incluyendo la cosecha que la maquinaria proporciona, son importantes para la obtención de mayores rendimientos (Pingali, 2007).

Para Negrete (2011) el aumento de la producción se da por el incremento de la superficie cultivada, esto se explica por la incorporación de nuevas tierras o por la posibilidad de realizar más de una siembra por año, derivado de la puntualidad en las labores culturales cuando se utiliza maquinaria. Olmstead and Rhode (2001) reporta que, durante el proceso de mecanización en Estados Unidos, parte de la tierra incorporada a la agricultura era la que se utilizaba para el pastoreo de los animales de tiro como caballos y mulas.

Otra contribución de la mecanización es en la época de la cosecha, ya que es posible una cosecha oportuna y una trilla más completa que ayuda a reducir las pérdidas por el manipuleo pos-cosecha, dando como resultado una comercialización más rápida y una intensificación de la agricultura (Amponsah et al., 2012; Pingali, 2007).

2.2.4. Impactos de la tractorización en el sector rural

Los factores socioeconómicos han jugado un papel muy importante en la mecanización agrícola de los países, los factores mayormente estudiado son: (i) el ahorro de la mano de obra (Martini & Silberberg, 2006; Olmstead & Rhode,

2001), (ii) escasez de mano de obra (Lew, 2000; Yang et al., 2013), (iii) salarios (Olmstead & Rhode, 2001), (iv) tamaño y dispersión de las unidades de producción (UP) (Amponsah et al., 2012), y (v) la maquila agrícola (Houssou et al., 2013; Yang et al., 2013).

Una primera corriente de estudios es la que justifica la mecanización debido a que reduce la mano de obra empleada en el proceso de producción agrícola, principalmente en aquellas labores que son intensivas en mano de obra. Martini y Silberberg (2006) señalan que el efecto más importante del uso del tractor agrícola fue la reducción en el empleo de mano de obra, ya que bajo el contexto norteamericano en las décadas de 1920 y 1930, donde los dueños de las UP en su mayoría eran los mismo trabajadores, utilizaron el tiempo libre para otras actividades no agrícolas que ayudaron a aumentar en ocasiones su ingreso neto anual, trayendo con ello que la mecanización no dio como beneficio una mayor producción agrícola sino tiempo libre para los productores. Igualmente Pingali (2007) plantea que la mecanización agrícola de las unidades de producción que utilizaban mano de obra familiar principalmente en la cosecha y trillado fue liberada, además aumentó la rentabilidad de éstas por el ahorro en mano de obra, y los integrantes liberados de las labores culturales se dedicaron a otras actividades, generando un mayor ingreso.

Olmstead y Rhode (2001) analizaron el proceso de tractorización en el contexto norteamericano, donde la inserción del tractor provocó el cambio del uso del suelo, impactando en el ahorro de mano de obra en los cultivos y en el cuidado de los animales de tiro por la reducción de su población al ser sustituidos. En América Latina principalmente Brasil, Chile y México, también se está observando un rápido cambio enfocado en las tecnologías de ahorro de mano de obra, tanto mecánica como química (Pingali 2007).

Varios autores coinciden que el ahorro de mano de obra al usar tractores trae consigo (i) la noción de competitividad al disminuir los costos de producción, y posibilita vencer la escasez estacional de mano de obra y liberar trabajo en periodos críticos para otras tareas productivas (Palacios & Ocampo, 2012;

Pingali, 2007), (ii) una mayor productividad y profunda modificación funcional y espacial de los sectores rurales caracterizada por una disminución progresiva en el empleo de mano de obra (Arias, 2000), (iii) permitir realizar las labores culturales más oportunas sin depender de la disposición de mano de obra contratada, traduciéndose en el ahorro en los costos de transacción y la incertidumbre asociada al mercado de trabajo rural (Olmstead & Rhode, 2001), y (iv) una mejor oportunidad para reducir el costo de producción, ya que se ahorra mano de obra y el costo de mantenimiento de los animales de tiro. Además, también es posible una oportuna comercialización gracias a un rápido transporte, limpieza y manipulación (Amponsah et al., 2012). Todo esto ha contribuido a la especialización de las unidades de producción para incrementar su productividad y rentabilidad.

En buena parte de las regiones, la mano de obra ahorrada por la mecanización agrícola sólo cambia de vocación y no genera desempleo. Bajo la línea en la que la mano de obra sólo cambia de vocación productiva, tenemos a Martini y Silberberg (2006) los cuales argumentan que el ahorro de mano de obra al introducir a la mecanización en las unidades de producción, ayuda a aumentar los ingresos de los productores por dedicarse a otras actividades no agrícolas. Igualmente, Pingali (2007) dice que solo existe una reestructuración del trabajo debido a que los sistemas agrícolas se intensifican y siguen requiriendo mano de obra, principalmente en aquéllas donde se requieren habilidades especializadas y la mecanización no es una alternativa, ejemplo de ellos fue la escarda y el deshierbe.

En este sentido, Amponsah et al. (2012) objetan que la mano de obra desplazada puede ser absorbida en otras alternativas de trabajo creadas por el aumento de la mecanización, por la misma diversificación de los cultivos, aumento del área cultivada, el desarrollo de la agroindustria y en la oferta de servicios especializados relacionados.

La tractorización no solamente se da en una agricultura donde el objetivo es ahorrar mano de obra, sino también se da en respuesta a su escasez. Esto

sucedió en Canadá durante la Primera Guerra Mundial (Lew, 2000). Igualmente la mecanización agrícola de China se debió principalmente por la reducción de la población rural que trabajaba en actividades agrícolas, debido a dos factores: un aumento en la población rural trabajando en otras actividades distintas a la agricultura impulsado por la "industrialización agrícola" y a la migración rural-urbana (Yang et al., 2013).

Vemos la adopción del tractor agrícola, centrándonos principalmente en las condiciones sociales, agrarias y económicas de los países en un entorno macro, y en los productores o regiones para un entorno micro. En lo macro, tenemos que Amponsah et al. (2012) plantean que los países que han logrado un crecimiento económico sin precedentes en las últimas tres décadas y han tenido éxito en la solución de sus problemas de seguridad alimentaria se relaciona con su avance a niveles más altos de la mecanización de su agricultura. Por otro lado, los países que se han estancado económicamente con un número significativo de sus ciudadanos en la pobreza extrema, también se han quedado atrás en la mecanización agrícola. Esto se debe que durante un crecimiento económico de los países se generan nuevas fuentes de empleo, lo que hace que aumenten los salarios en el sector agrícola; así cuando los altos costos de la mano de obra tienen efectos negativos en la productividad agrícola y el bienestar de los pequeños productores, la mecanización puede ser efectiva (Takeshima et al., 2013). Por lo anterior, la mecanización debe ser vista como lo que es, una herramienta potencial en el proceso de producción y no un motor de cambio económico (Pingali, 2007).

Otros factores que inciden en el proceso de mecanización son los salarios y la escala de la unidad de producción. En el análisis que realizan Olmstead y Rhode (2001) encontraron que en aquellos lugares donde la mano de obra no familiar era escasa, el salario tendió a subir rápidamente. Con lo anterior, las unidades de producción de mayor escala adoptaron más rápidamente el tractor, en comparación con las pequeñas que podían seguir produciendo con la mano de obra familiar. Evidenciar que los salarios desempeñan un papel importante en la

determinación del costo de oportunidad de la mano de obra del agricultor. Un incremento en el salario real agrícola tendería a aumentar los incentivos para la adopción de los dispositivos de ahorro de mano de obra, como los tractores o los herbicidas.

Los trabajos seleccionados presentan una serie de argumentos de porque no se ha dado la mecanización. Entre ellos tenemos que se debe a las pequeñas escalas y dispersión de las unidades de producción, además de que la mayoría de los productores no tienen los recursos necesarios para adquirir tractores (Amponsah et al., 2012). Bajo este análisis encontramos que Yang et al. (2013) exponen que el tamaño promedio de las unidades de producción son una limitación para la expansión del tractor agrícola, además las unidades de producción que utilizan tractor son relativamente mayores a las que no utilizan (Lundvall, 2007), haciendo referencia a la importancia de la escala de las unidades de producción.

Durán y Romero (2007) plantean que la dificultad de la mecanización de la agricultura mexicana radica en la distribución agraria, ya que la superficie agrícola del país está repartida entre un gran número de campesinos, lo que hace que las unidades sean pequeñas. Además, Ayala et al. (2011) mencionan que dentro de los problemas que enfrentan los productores del campo, se encuentra la falta de liquidez para la compra de maquinaria agrícola, además de que la inversión, el incremento en los costos de combustible y la operación de los tractores resulta costosa.

Lo anterior es una realidad que viven la mayoría de los países, con pequeñas unidades de producción que no generan los ingresos suficientes y la superficie no sea la óptima para la adquisición de maquinaria convencional. Debido al papel tan importante que juega la mecanización en la agricultura los gobiernos han implementado estrategias para superar esta problemática. Palacios y Ocampo (2012) exponen que la mayoría de los predios ubicados en las regiones de agricultura campesina, tienen un tamaño muy reducido como para que resulte redituable (y rentable) la adquisición de un tractor por campesino. En este

escenario, la maquila agrícola se convierte en un instrumento eficaz, que les permite realizar las labores que requieren de mecanización para sostener su producción.

Así mismo, Yang et al. (2013) concluyen que a pesar de las pequeñas dimensiones de las unidades de producción agrícola, la alta fragmentación de la tierra y el aumento de los salarios, la producción agrícola de China ha aumentado. Se puede concluir que esto se debe a los servicios especializados de la maquila agrícola interregionales. Así, las labores culturales que utilizan grandes cantidades de mano de obra (preparación de la tierra y cosecha) tienden a externalizarse y utilizar la maquila, principalmente en respuesta al aumento de los salarios (por escasez de mano de obra agrícola). Es de resaltarse el surgimiento de un nuevo actor en el medio rural “el maquilero agrícola” que proporciona servicios de mecanización en las unidades de producción. Éste pudo haber sido inducido a través de las políticas de mecanización o bajo otras circunstancias como iniciativa propia de los productores en busca de la rentabilidad de su maquinaria.

Bajo la maquila agrícola, el gobierno de México participó directamente en los servicios de alquiler y maquila agrícola durante la década de 1970, y hasta fines de 1980 a través de la paraestatal Servicios Ejidales S.A. (Negrete, 2011). Igualmente, el gobierno de Ghana implementó políticas que inducían la maquila agrícola, la cual constaba de cinco tractores y maquinaria agrícola subvencionada por grupo, para que prestaran servicios a 500 acres por temporada, principalmente a pequeños productores con unidades de producción de 5 acres en promedio (Houssou et al., 2013). Igualmente en China se indujo la maquila mediante la implementación de una política integral, que fomentaban grupos de maquileros interprovinciales (Yang et al., 2013).

Para el caso de Estados Unidos, Olmstead y Rhode (2001) reporta que en un análisis de la disponibilidad de fuerza de tracción animal (tiro) y/o mecanizada (tractor) en 1920, se encontró que una cuarta parte de las unidades de producción no contaba con ninguna de estas dos fuentes de energía, por lo que se

incrementó la propagación del tractor. Probablemente la velocidad y excedente de la fuerza del tractor ayudó a fomentar la división del trabajo y el surgimiento de los maquileros agrícolas, además de que los propietarios de tractores dueños de granjas pequeñas, eran mucho más propensos a ofrecer servicios de maquila para minimizar los costos fijos que le implicaba el tractor.

Houssou et al. (2013) se refieren a que la maquila es exitosa en aquellos productores que adquieren la maquinaria agrícola y combinan su uso para realizar las labores en sus propias unidades de producción y prestar servicios de maquila. Una tendencia muy peculiar es la que se reporta para México, ya que en un contexto de alta fragmentación y dispersión de las unidades de producción, existe una tendencia a adquirir tractores más grandes, lo cual obedece a fenómenos relacionados con el incremento de la aparcería y los servicios de maquila entre los productores (Morales & Martínez, 1998; Palacios & Ocampo, 2012).

2.3. Literatura citada

- Aibar, E. (1996). La vida social de las máquinas: orígenes, desarrollo y perspectivas actuales en la Sociología de la Tecnología. *REIS*, 141–170. <http://doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.01.027>
- Amponsah, S. K., Oteng-Darko, P., & Kumi, F. (2012). Potential and constraints of agricultural mechanisation in Ghana—A review. *International Agricultural Engineering Journal*, 21(2), 38–43.
- Arellano, H. A. (1999). *La producción social de objetos técnicos agrícolas*. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Arias, M. P. (2000). El proceso de la mecanización en la actividad agrícola. *Estudios Agrosociales y Pesqueros*, (187), 9–38.
- Ayala, A. V., Audelo, M. A., & Aragón, A. (2011). La situación del mercado de tractores en México, perspectivas y retos en la certificación. *Textual*, (58), 91–111.
- Balbuena, R., Botta, G., Draghi, L., & C, H. R. (2003). Compactación de suelos. Efectos del tránsito del tractor en sistemas de siembra directa. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 1(2), 75–80.
- Binswanger, H. P. (1974). The measurement of technical change biases with many factors of production. *American Economic Review*, 64(6), 964–76.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories.

- Research Policy*, 11(3), 147–162. [http://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](http://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6)
- Dosi, G., & Nelson, R. R. (2009). *Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes*. *Accounting Finance* (Vol. 20). Pisa, Italy: Laboratory of Economics and Management. Retrieved from http://www.sssup.it/UploadDocs/5580_2009_07.pdf
- Durán-García, H. M., & Romero-Méndez, R. (2007). Status of agricultural production and mechanization in Mexico. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 5(3&4), 216–219. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-36649009127&partnerID=40&md5=cd9c41e2eae920a7989414dfc13d664c>
- Feenberg, A. (2005). Teoría crítica de la tecnología. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 2(5), 109–123.
- Hayami, Y., & Ruttan, V. W. (1970). Factor prices and technical change in agricultural development: the United States and Japan, 1880-1960. *Journal of Political Economy*, 78(5), 1115–1141.
- Houssou, N., Diao, X., Cossar, F., Kolavalli, S., Jimah, K., & Aboagye, P. O. (2013). Agricultural mechanization in Ghana: is specialized agricultural mechanization service provision a viable business model? *American Journal of Agricultural Economics*, 95(5), 1237–1244. <http://doi.org/10.1093/ajae/aat026>
- Kreimer, P. (2007). Estudios sociales de la ciencia y la tecnología en América Latina: ¿para qué?, ¿para quién? *Redes*, 13(26), 55–64.
- Kreimer, P. (2017). Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología: ¿son parte de las ciencias sociales? *Teknokultura*, 14(1), 143–162. <http://doi.org/10.5209/TEKN.55727>
- Kreimer, P., Vessuri, H., Velho, L., & Arellano, A. (2014). El estudio social de la Ciencia y la Tecnología en América Latina: Miradas, logros y desafíos. In *Perspectivas Latinoamericanas en el estudio social de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad* (pp. 7–27). México, D.F.
- Lagunilla, I. A. (1949). Alfred Marshall y nuestro tiempo. *El Trimestre Económico*, 16(64), 560–575.
- Latour, B. (1996). On actor-network theory: A few clarifications. *Soziale Welt*, 4(47), 369–381.
- Lew, B. (2000). The diffusion of tractors on the Canadian prairies: the threshold model and the problem of uncertainty. *Explorations in Economic History*, 37(2), 189–216. <http://doi.org/10.1006/exeh.2000.0737>
- Lundvall, B. (2007). National Innovation Systems—Analytical Concept and Development Tool. *Industry & Innovation*, 14(1), 95–119. <http://doi.org/10.1080/13662710601130863>
- Martini, D. D., & Silberberg, E. (2006). The diffusion of tractor technology. *The*

- Journal of Economic History*, 66(2), 354–389.
<http://doi.org/10.1017/S0022050706000155>
- Morales, C. N., & Martínez, D. M. A. (1998). El sistema de demanda casi ideal aplicado a tractores agrícolas en México. *Agrociencia*, 32(2), 157–163.
- Negrete, J. C. (2011). Políticas de mecanización agrícola en México. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 1–22.
- Nelson, R. R., & Nelson, K. (2002). Technology, institutions, and innovation systems. *Research Policy*, 31, 265–272. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00140-8](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00140-8)
- Ocampo, L. J. G. (2004). *Sujetos y paradigmas tecnológicos: la tractorización del campo mexicano. Un escenario de conflictos desde Juchitepec, Estado de México*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Olmstead, A. L., & Rhode, P. W. (2001). Reshaping the landscape: the impact and diffusion of the tractor in American agriculture, 1910-1960. *The Journal of Economic History*, 61(3), 663–698.
- Osorio, C. (1997). Aproximaciones a la tecnología desde los enfoques en CTS. *Futures*, 1–9.
- Palacios, R. M. I. (2009). *Comportamiento y formas de organización de la maquila agrícola en una región de agricultura altamente tecnificada*. Colegio de Posgraduados.
- Palacios, R. M. I., & Ocampo, L. J. G. (2012). Los tractores agrícolas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp.*(4), 812–824.
- Parkin, M., & Loría, D. E. (2010). *Macroeconomía* (9a ed.). México, D.F.: Pearson.
- Pérez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185–202. <http://doi.org/10.1093/cje/bep051>
- Pérez, C. (1996). Nueva concepción de la tecnología y sistema nacional de innovación. *Cuadernos de CENDES*, 13(31), 9–33.
- Pingali, P. (2007). Agricultural mechanization: adoption patterns and economic impact. *Handbook of Agricultural Economics*, 3, 2779–2805. [http://doi.org/10.1016/S1574-0072\(06\)03054-4](http://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4)
- Rip, A., & Kemp, R. (1998). Technological change. In *Human Choice and Climate Change* (Vol. 2, pp. 327–399). <http://doi.org/10.1007/BF02887432>
- Takehima, H., Pratt, A. N., & Diao, X. (2013). Mechanization and agricultural technology evolution, agricultural intensification in Sub-Saharan Africa: typology of agricultural mechanization in Nigeria. *American Journal of Agricultural Economics*, 95(5), 1230–1236. <http://doi.org/10.1093/ajae/aat045>
- Thomas, H. (2010). Los estudios sociales de la tecnología en América Latina. *Social Studies of Technology in Latin America*, 5(37), 35–53.

- Vargas, C. J. M. (2016). *Cambio tecnológico e innovación en agricultura protegida en Hidalgo, México*.
- Varian, H. R. (1998). *Análisis microeconómico* (3ra ed.). España: Antonio Bosch editor.
- Yang, J., Huang, Z., Zhang, X., & Reardon, T. (2013). The rapid rise of cross-regional agricultural mechanization services in China. *American Journal of Agricultural Economics*, 95(5), 1245–1251. <http://doi.org/10.1093/ajae/aat027>

CAPÍTULO 3. LA DIFUSIÓN DEL TRACTOR AGRÍCOLA EN MÉXICO

THE DIFFUSION OF THE AGRICULTURAL TRACTOR IN MEXICO

3.1. Resumen

El tractor agrícola es la tecnología mecánica más emblemática que incorporó la Revolución Verde. Sin embargo, a pesar de su importancia existen pocos estudios que traten su proceso de difusión. El objetivo de este trabajo fue analizar la difusión del tractor agrícola en diferentes regiones de México a través de un modelo logístico. Para tal efecto, se utilizó el modelo usado por Griliches y la regionalización de Bassols. Se determinó una serie de tiempo por región del período 1930-2017. Se encontró que su difusión inició en el noreste, en 1927, y de ahí se expandió en diversas regiones del país hasta 1957. Posteriormente, durante 1960 la difusión del tractor se generalizó hasta llegar al 2000. En las regiones del norte, el mayor crecimiento se dio en la década de 1960. Para el resto de las regiones ocurrió en las dos décadas posteriores. La península de Yucatán es la única región en donde la difusión continúa, pero a tasas muy lentas. Además, el parque de tractores a nivel nacional ha alcanzado su tope técnicamente viable, pero con una clara asimetría a nivel regional, por lo que las regiones norte y centro-occidente se encuentran prácticamente sobremecanizadas, mientras que existe un déficit en las otras regiones. Se concluye que la difusión del tractor estuvo condicionada por los modelos económicos de cada época, la división del trabajo a nivel nacional y los sistemas de producción de cada región, auspiciados por las políticas agrícolas, las empresas productoras de tractores y las condiciones de relieve.

Palabras clave: Modelo logístico, Políticas agrícolas, Tractorización, Cambio tecnológico, Asimetrías regionales.

3.2. Abstract

The agricultural tractor is the most emblematic mechanical technology incorporated by Green Revolution. However, despite its importance, there are few studies about its diffusion process. The objective of this work was to analyze the diffusion of the agricultural tractor in different regions of Mexico through a logistic model. For this purpose, we used Griliches's model and Bassol's regionalization. A series of time was determined by region of the period 1930-2017. It was found that its diffusion began in the northeast in 1927, and from there it expanded in various regions of the country until 1957. Subsequently, during 1960 the spread of the tractor became widespread until 2000. In the northern regions, the highest

growth occurred in the 1960s. For the rest of the regions occurred in the two decades that followed. The Yucatan peninsula is the only region where dissemination continues, but at very slow rates. In addition, the tractor park nationwide has reached its top technically feasible, but with a clear asymmetry at the regional level, so the northern and central-western regions are practically over-mechanized, while there is a deficit in the other regions. We concluded that the diffusion of the tractor was conditioned by the economic models of each period, the division of labor at the national level and the production systems of each region, supported by agricultural policies, the companies that produce tractors and the conditions of relief.

Key words: Logistic model, Agricultural policies, Tractorization, Technological change, Regional asymmetries.

3.3. Introducción

La preparación de la tierra, algunas labores culturales como la siembra, aplicación de fertilizantes y agroquímicos así como la cosecha, son algunas de las actividades propias de los cultivos propensas a la mecanización (Amponsah, Oteng-Darko, & Kumi, 2012). La mecanización agrícola comprende desde simples herramientas manuales hasta aquellos equipos mecánicos muy sofisticados (FAO, 2018). El papel que el tractor ha desempeñado en el proceso de mecanización, en el desarrollo rural y en los procesos de especialización agrícola territorial tiene un papel determinante. El tractor agrícola fue uno de los elementos más importante incorporado por la Revolución Verde (Lew, 2000) y la tecnología mecánica más emblemática, principalmente entre los productores agrícolas con orientación comercial y con ciertas características agrarias, como grandes extensiones de tierras. El tractor ha sido un factor primordial en el desarrollo de la noción de competitividad, al vencer los cuellos de botella originados por la insuficiente planeación de las actividades productivas en el sector agrícola, lo que facilitó una rápida integración de la agricultura con la agroindustria (Pingali, 2007). Estos efectos se observan en la mayoría de los países y regiones del mundo, donde su difusión con diferencias y marcada por particularidades, presenta impactos similares.

Para el caso de México, el proceso de modernización con el uso del tractor ha impactado en la estructura agraria establecida desde la constitución de 1917

(Artículo 27 Constitucional) debido a que ha provocado un cambio en los patrones de cultivo (Ocampo, 2004), que se expresa en un proceso tendiente a producir cultivos comerciales o destinados a la agroexportación. Con el desarrollo de la Revolución Verde entre los años 1940 y 1960, el tractor se difundió al grado de que se convirtió en un artefacto indispensable en muchas de las regiones agrícolas donde la tenencia agraria se caracterizó por amplias superficies de cultivo e infraestructura hídrica bien desarrollada, tal es el caso de los estados del norte, fronterizos con Estados Unidos de América (EUA).

Como secuela de lo anterior, los índices de mecanización aumentaron rápidamente hasta la década de 1980 (INEGI, 2018). En el sector agrícola, las estrategias que se utilizaron en el país para afianzar el modelo neoliberal se sustentaron en un retiro selectivo de las políticas de subsidio al fomento productivo del agro por parte del gobierno federal, sobre la idea de que la presencia de las empresas y el mercado por sí solos serían factores que estimularían el desarrollo de las grandes escalas de producción, y con ello la adopción de paquetes tecnológicos que facilitarían el desarrollo de este modelo. Sin embargo, dichas estrategias no dieron los resultados esperados, ya que los precios reales de los principales productos agrícolas se desplomaron, lo que dificultó el acceso a bienes de capital y desarrollo de infraestructura productiva (Calva, 1997; Rubio, 2014).

En el país, a pesar de la importancia del tractor agrícola pocos estudios se han realizado sobre ello, y en relación al comportamiento de su difusión son nulos. En este sentido, esta investigación tiene como objetivo determinar la difusión del tractor agrícola en las diferentes regiones de México a través de un modelo logístico que ayude a entender el proceso de tractorización. Como premisa tentativa se plantea que la difusión del tractor agrícola fue selectiva, y se dio principalmente entre productores insertos en un modelo de agricultura comercial, con lo que los principales beneficiados fueron agricultores empresariales y de transición (o medios) de las regiones del norte del país y la parte denominada del Bajío, ubicadas en el centro-occidente del país.

La dinámica de mundialización que se dio en los años sesenta y setentas donde los países desarrollados introducían en los de la periferia sus tecnologías desarrolladas y que en ocasiones no se correspondían con los requerimientos de estos últimos, sino fundamentalmente permitían la expansión de los diseños tecnológicos propuestos en beneficio de las empresas transnacionales dedicadas al sector (Wallerstein, 2005). De esta manera, se impuso el predominio de las empresas productoras de tractores de capital extranjero, principalmente de origen norteamericano (John Deere, Ford, Massey-Ferguson y Case International) quienes importaron, produjeron y ensamblaron de manera procesual los tractores en el caso mexicano. También determinaron los diseños tecnológicos y el tipo de implementos a utilizar en el proceso productivo, al no existir una propuesta tecnológica distinta ni empresa nacional con suficiente fuerza ni el apoyo estatal para competir con éstas en el mercado nacional de maquinaria agrícola, en una reproducción forzada surgida en el medio oeste norteamericano, en la llamada franja cerealera.

Por lo que, los diseños nacionales fracasaron. Tal fue el caso del Tractor-UNAM o el Tractor T-25 (de diseño soviético) producido por la empresa Siderúrgica Nacional (SIDENA), entre otros más, cuyos diseños respondían a un modelo de mecanización de pequeña escala productiva local, con una orientación dirigida a impulsar la agricultura campesina, en algunos casos en regiones de orografía complicada como lo es el estado de Oaxaca (Cepeda & Gitli, 1985; Ocampo & Palacios, 2014). La difusión de estos modelos de tractor nunca rebasó el ámbito local. Tampoco recibió los estímulos gubernamentales necesarios para su producción masiva ni para desarrollar pruebas extensivas en otras regiones campesinas del país.

De esta forma el análisis de la difusión de la tecnología del tractor agrícola se ha realizado bajo dos enfoques analíticos. El primero, se relaciona con introducir la serie de tiempo en un modelo logístico, lo que tiene como característica principal que la difusión sigue una curva sigmoidea a lo largo del tiempo (Rogers, 1983). Los primeros en analizar bajo este enfoque la difusión tecnológica en la

agricultura fueron Ryan & Gross (1943) y Griliches (1957), quienes analizaron el uso de semilla híbrida en Estados Unidos. A su vez, Mar-Molinero (1980) y Oliver (1981) lo hicieron para estudiar el crecimiento del parque de tractores en España, mientras que Muñoz, Llanos & Sáez (2011) y Muñoz & Llanos (2012) lo aplicaron para determinar el crecimiento y rapidez de la adopción del tractor en Chile. Un factor en común que se puede encontrar entre estos autores es que la visión del modelo logístico es utilizada para explicar la difusión de una nueva tecnología y modelar su trayectoria, determinando su inicio, velocidad de difusión y equilibrio en el largo plazo de forma agregada, en un escenario meso-económico.

El segundo enfoque es el utilizado por los historiadores económicos, los cuales desarrollan los *modelos umbral* para analizar la difusión de una determinada tecnología cuando ésta es sustituta. Para el caso del tractor, se utilizó en todos los casos para determinar su difusión en coexistencia con los caballos. Lew (2000) lo analizó para Canadá, y Olmstead & Rhode (2001), Martini & Silberberg (2006), Manuelli & Seshadri (2014) en EUA, los cuales encontraron que su difusión y adopción dependió de una serie de factores como el tamaño de las explotaciones, los precios de los insumos y de la misma tecnología, precio de los productos agrícolas, jornales agrícolas, tamaño de la familia, innovaciones del tractor, rentabilidad, costo de oportunidad y calidad del tractor, analizando su difusión en un escenario microeconómico.

3.4. Metodología

3.4.1. Las regiones de México en la tractorización

Para analizar la difusión del tractor agrícola en México se utilizó el enfoque de regionalización formulado por Bassols (1983) donde, para fines estadísticos y administrativos, se agrupó al país en ocho regiones (Cuadro 1), mismas que se determinaron con base en factores socio-económicos, productivos, edafo-climatológicos, entre otros, los cuales ayudan a comprender con mayor precisión el comportamiento productivo del país, y como un efecto la difusión del tractor agrícola en regiones productivas.

Cuadro 1. Las regiones de México

Región	Estados	Característica
Noroeste (NO)	Baja California, Baja California Sur, Nayarit, Sonora y Sinaloa	Grandes valles con tierras altamente fértiles e irrigadas por los ríos provenientes de la Sierra Madre Occidental, la cual la divide de la región Norte.
Norte (N)	Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas	Ubicada en la meseta central, con grades desiertos y la agricultura azotada por las sequias.
Noreste (NE)	Nuevo León y Tamaulipas	Está separada de la región Norte por la Sierra Madre Oriental, con vocación ganadera-agrícola.
Centro-Occidente (CO)	Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco y Michoacán	Valles intermedios (de 1000 a 2000 m snm) ricos en suelos agrícolas, ubicada entre el Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre Occidental, lo cual da lugar a una gran variedad de climas.
Centro-Sur (CS)	Ciudad de México, Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala	Valles altos (mayor a 2000 m snm) tierras fértiles para la agricultura y climas predominantemente fríos.
Sur (S)	Chiapas, Guerrero y Oaxaca	Orografía muy accidentada, con excepción de algunas zonas de Chiapas, se encuentran suelos pobres para la agricultura convencional.
Oriente (O)	Tabasco y Veracruz	Se ubica al borde oriente de la Sierra Madre Oriental, con tierras que van desde los 0 a los 2500 msnm, su vocación es ganadera y agrícola, cultivándose principalmente frutas tropicales y caña de azúcar.
Península (P)	Campeche, Quintana Roo y Yucatán	Se práctica un tipo de agricultura muy singular que es la <i>roza-tumba-quema</i> , con vocación forestal tropical y ganadera.

Fuente: Elaborado con base en lo planteado por Bassols (1983).

3.4.2. Fuente de los datos

Se construyó una serie de tiempo que abarcó casi ocho décadas, donde la variable utilizada fue el número de tractores a nivel nacional y regional. Se planteó como año base 1930 por la disponibilidad de la información. Los datos de 1930, 1940, 1950, 1960, 1970, 1981, 1991 y 2007 provienen de censos agrícolas, ganaderos y ejidales. Para ubicar la secuencia histórica se revisaron diversos documentos del Archivo General de la Nación (AGN) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en su sitio WEB (www.inegi.org.mx).

3.4.3. Modelo de difusión logístico

Para determinar la tendencia de su expansión del tractor se usó una función logística, la cual se utiliza para describir el crecimiento de cualquier variable a

través del tiempo. Para ello éstas deben tener un límite superior, y los cambios observados del valor acumulado deben depender de la distancia restante al límite superior en cada periodo de tiempo. Estas características son evidentes en la difusión del tractor. Los efectos contribuyen a establecer una trayectoria de crecimiento sigmoideal descrita por la función logística, la cual es característica en la difusión de una nueva tecnología (Pérez, 2010). Asimismo, se utilizó el modelo logístico (Ecuación 1) utilizado por Griliches (1957) para ubicar la tendencia y velocidad de la difusión:

$$T_t = \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

En la cual, T_t es el número de tractores en el momento t ; K es el equilibrio a largo plazo o el valor límite del parque de tractores, limitado por la superficie mecanizable; t es la variable tiempo; el valor de b es la tasa de difusión del tractor; y a es la constante de integración que fija a la curva en el eje temporal.

Para calcular los valores de a y b se linealizó y utilizó el método de análisis estadístico de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), con lo que se determinó el inicio de la difusión, su velocidad de expansión, y el equilibrio del parque de tractores en el largo plazo (Ecuación 2):

$$\log\left(\frac{T_t}{K - T_t}\right) = a + bt \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde el valor de K se determinó a partir del número de hectáreas mecanizables reportadas por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (1984), las cuales se dividieron entre 70, dado que la potencia promedio de los tractores agrícolas más utilizados en el campo mexicano ronda en los 70 caballos de fuerza (hp); asimismo se consideró que el uso promedio recomendado por hectárea era de 1 hp (Palacios & Ocampo, 2012). Las ecuaciones 1 y 2 se calcularon de manera agregada para todo el país y para cada región durante el periodo 1930 a 2007.

Posteriormente, se graficaron los datos obtenidos del modelo para cada región de manera agregada, y se pronosticó 10 años antes y 13 después de los datos de la serie. De la misma manera, para poder comparar el comportamiento de la difusión del tractor se dividió entre K , lo que dio como resultado la proporción de tractores existentes en cada región respecto a su equilibrio (Ecuación 3).

$$\%T_{ti} = \frac{T_{ti}}{K_i} \quad (\text{Ecuación 3})$$

En la cual, T_{ti} es el resultado de la Ecuación 1 en el tiempo t de la región i , K_i es el equilibrio del número de tractores en el largo plazo para la zona i , t es la variable tiempo, e i toma el valor de las ocho regiones. Además, i toma los valores agregados para graficar la difusión nacional del tractor.

Para identificar el periodo de expansión de la difusión del tractor agrícola a través del modelo logístico y dadas sus características, asintótico en cero y uno, se determinó el inicio cuando el número de tractores equivalía al 2.5% del total en el largo plazo. Este valor base se tomó cuando la presencia del tractor era ya significativa en cada región. Es decir, ya se había difundido el conocimiento de las ventajas que proporcionaba en la producción agrícola, y por consiguiente se empezó a desarrollar la demanda. Para determinar el valor o punto de saturación se determinó el 97.5% del total de tractores en campo, lo que significa que el número de tractores en campo se estabiliza, al completar la demanda en atención a los terrenos y productores susceptibles de mecanizar. Los datos utilizados en el análisis se procesaron en una hoja de cálculo de Excel y posteriormente, se analizaron con el paquete estadístico SAS.

3.5. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos a partir del modelo logístico señalan que se obtuvo el signo esperado (positivo) a nivel nacional y regional, siendo estadísticamente significativo en todas las regiones determinadas. Los altos valores obtenidos de R^2 indican un alto nivel de ajuste de los datos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros del modelo logístico en la difusión nacional y regional del tractor agrícola

Región	Origen de la difusión		Tasa de difusión		Límite superior (K)	R ²
	a	Origen $\frac{-3.66-a}{b}$	B	t-value		
Nacional	-180.311	1937	0,0912***	0.007	228,513	0.95
Regiones del norte						
Noreste	-161.281	1927	0.0818**	0.0444	17,201	0.67
Norte	-197.412	1932	0.1003***	0.0002	40,313	0.97
Noroeste	-227.404	1937	0.1155***	0.0001	37,157	0.98
Regiones del centro						
Centro-Sur	-156.119	1940	0.0786***	0.0008	33,873	0.95
Centro-Occidente	-181.172	1942	0.0914***	0.0015	48,628	0.93
Regiones del sur						
Oriente	-165.797	1946	0.0833***	0.0072	21,000	0.86
Península	-99.053	1955	0.0488**	0.0112	5,613	0.83
Sur	-174.488	1957	0.0873***	0.0028	24,729	0.91

Fuente: Elaboración propia con base a $\log\left(\frac{T_t}{K-T_t}\right) = a + bt$; ***Indica significancia a un nivel del 1%, ** 5%.

3.5.1. Inicios de la difusión

Los primeros tractores importados a México fueron hacia finales del siglo XIX (SARH, 1984) y se destinaron principalmente a los ranchos y haciendas del norte, los que desarrollaban un modelo de agricultura comercial. Igualmente, la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria recibió tractores para la capacitación de los futuros técnicos. Diversos sucesos como la Revolución Mexicana y la ausencia de un modelo predominante de mercado, así como los sistemas de producción existentes a principios del siglo XX, dificultaron el comienzo de la difusión del tractor agrícola en México.

El inicio de su difusión a nivel nacional se produjo en 1937 (Cuadro 2), fecha que coincide con los grandes cambios socio-económicos que se dieron a partir de la creación de grandes obras de irrigación, mismas que alimentaron el modelo de agricultura intensiva de corte capitalista que predomina en la actualidad (Wionczek, 1982). Con la aplicación de la reforma agraria cardenista (Ranis, 1974) se consumó el mayor reparto agrario en la historia del país, lo que posibilitó la ampliación de la frontera agrícola y la subsecuente conformación de territorios

especializados con cultivos comerciales, básicamente los cerealeros (maíz y trigo).

Por otra parte, la ampliación del ciclo migratorio de las comunidades campesinas en el centro-norte del país, provocó la disminución de la mano de obra familiar en un 20%, factor esencial para la reproducción de la agricultura familiar, situación que trastocó las estructuras tradicionales, no sólo de la agricultura regional, sino también de la comunidad campesina (Hewitt, 1978). De esta forma, las profundas transformaciones agrarias iniciadas durante ese periodo, acompañaron el proceso de difusión y uso del tractor, facilitaron su adopción y provocaron adaptaciones en su diseño, de tal manera que lo hicieron más versátil, y al mismo tiempo más apegado a los diseños elaborados por las empresas que los producían, todas de origen extranjero (Olmstead & Rhode, 2001).

Las tres regiones del norte iniciaron la difusión antes de que se generalizara a nivel nacional. Esto se correspondió con políticas gubernamentales orientadas para desarrollar una agricultura intensiva, comercial y de exportación (Ranis, 1974), con fuertes relaciones con los renovados circuitos de agroexportación. Las acciones de las secretarías federales dedicadas al ramo agropecuario se orientaron, principalmente, hacia la asignación de recursos públicos para el desarrollo de los distritos de riego, mediante la edificación de un modelo basado en grandes superficies agrícolas, y alimentado a partir de un sistema regional de presas (Wionczek, 1982), lo que se acompañó de la dotación de créditos para la adquisición de tractores dirigidos a fortalecer la presencia de los ejidos colectivos con vocación comercial (Ocampo, 2004), intensivos en uso de insumos y maquinaria diseñadas para mecanizar las parcelas dedicadas al cultivo del trigo y algodón (Hewitt, 1978). Lo anterior, generó ventajas sobre las demás regiones donde se practicaba una agricultura de pequeña escala, minifundista, de origen campesino y destinada al autoabasto familiar. La reconversión de este sistema de producción hacia un sistema agrícola de interfase (tecnología intermedia) se realizó de manera paulatina pero constante en el tiempo, con lo que tres décadas

después una parte significativa de estos productores de pequeña escala, habían adoptado el uso del tractor, siempre que la orografía lo permitiera, junto con los demás componentes del paquete tecnológico de la llamada Revolución Verde, sobre todo fertilizantes y plaguicidas (Rubio, 1997, 2014).

A principios de los años cuarenta, comenzó la difusión del tractor en las dos regiones del centro del país, lo cual abarcó casi todas las entidades federativas asentadas en éstas, para poco después hacerlo en la de oriente. Hewitt (1978) menciona que el factor decisivo en esas lugares fue la escasez relativa de mano de obra familiar, como resultado de las migraciones que se dieron hacia los centros urbanos, donde la creciente oferta de empleos no agrícolas se acompañó de la nueva industrialización nacional, así como de la conformación de nuevos centros urbanos y el desarrollo de las regiones agrícolas del sur de EUA, California y Texas, mediante convenios de brazerismo (jornaleros agrícolas como migrantes temporales) entre el gobierno mexicano y el del vecino del norte.

Otro factor que intervino y benefició la entrada de tractores a las parcelas de pequeña y mediana escala fue el surgimiento y la erradicación de la fiebre aftosa a mediados de 1940. La aplicación del llamado “rifle sanitario”, como se bautizó a las acciones encabezadas por el gobierno nacional, dejó como secuela muchas unidades de producción sin yuntas, principal elemento utilizado en ese tiempo para la mecanización de las tierras, por ser la fuente de energía más cercana a la unidad económica familiar para arar la tierra.

Finalmente, ajenas a la dinámica que seguía el resto del país, a mediados de 1950 la región del sur y la península de Yucatán iniciaron su inserción en el proceso de difusión del tractor, el cual no se realizó de manera extensiva en esas regiones debido, en gran medida, a las condiciones orográficas que privan en esos entornos y al arraigo de los campesinos por producir sus cultivos a partir del sistema milpa, funcional para la agricultura familiar de autoconsumo en esos estados. De esa forma, en el sur del país los tractores fueron introducidos principalmente en la región central de Chiapas para la producción de maíz, y en la Península de Yucatán se utilizaban en la apertura de nuevas tierras destinadas

al cultivo del henequén (Noble, 2012). Las zonas sin riego y sujetas al temporal, cuando incluyeron terrenos con pendientes suaves, fueron objeto de la incorporación de los tractores.

3.5.2. Velocidad de la difusión del tractor

La velocidad de la difusión del tractor describe la forma y duración en la que se incorporó el uso de este artefacto en el sector rural mexicano. Este proceso tuvo una duración de 80 años, de 1937 a 2017, sin embargo, la trayectoria de la difusión del tractor no fue igual para todas las regiones agrícolas del país (Figura 5). En ese sentido, hasta 2017 las tres regiones del norte mostraron niveles óptimos de adopción en el uso de tractores (97.5% del total de tractores en el largo plazo), siendo la parte noroeste la que tuvo el periodo más corto en llegar a este nivel (63 años), seguida de las regiones norte y noreste con 73 y 90 años respectivamente. En el resto del país, con excepción de la región Península de Yucatán, la velocidad de la difusión osciló entre los 80 y 93 años, aunque para el 2017 aun no se habían conseguido los niveles óptimos. Esta situación evidencia la existencia de profundas disparidades estructurales (económicas, productivas, políticas y agrarias) entre las entidades federativas.

Se demuestra que la difusión del tractor se corresponde de acuerdo con lo planteado por Griliches (1957), quien establece que en las regiones con características homogéneas, tanto productivas como socio-económicas (como podrían considerarse las del norte de México) la velocidad de difusión de tractor ha sido más rápida en comparación con la mostrada en regiones con desarrollo productivo desigual, con presencia de variantes de cultura tecnológica y de consumo, diversidad de sistemas de producción de pequeña y mediana escala destinadas a producir granos, frutales, plantaciones silvícolas u hortalizas bajo un sistema mixto (parte para su comercialización y en otra para su autoabasto familiar), cuyo destino sólo alcanza el ámbito local o regional. Para el caso mexicano, se aúna el hecho de ser regiones que poseen una fisiografía accidentada y ciclos de lluvia más intensos.

Todos estos factores han influido en esas regiones para determinar la decisión final del pequeño productor agrícola, y por lo tanto, delimitan por encima del uso de tractores, el tipo de opciones de tracción que se ofertan en el mercado para mecanizar, ponderando la eficiencia de las que están diseñadas para pequeñas escalas como es el caso de los motocultores o yunticultores, lo que sin duda ha reconfigurado y dificultado una difusión más uniforme del tractor a escala nacional. En la Figura 5 se observa la trayectoria de la difusión del tractor de los tres grupos de tendencia.

El primer grupo de tendencia de difusión se conforma por las tres regiones del norte que se encuentran por arriba de la trayectoria media nacional, lo cual obedece a sucesos que se dieron principalmente entre 1940 y 1970, periodo en el que se encuentran las mayores tasas de crecimiento del parque de tractores. Esto se debe al reacomodo de la economía mundial, durante la llamada “Fase A” del cuarto ciclo Kondratiev, donde las relaciones y la división internacional del trabajo cambiaron y las innovaciones tecnológicas se difundieron con mayor rapidez, promovidas por las políticas keynesianas seguidas por los gobiernos nacionales (Sandoval, 2004). En México, durante este periodo, se implementaron una serie de políticas diseñadas para impulsar la industria nacional a través del modelo económico denominado “Industrialización por Sustitución de Importaciones” (ISI), que posteriormente se conoció como el *milagro mexicano* (Gómez-Oliver, 1995), en el que la agricultura desempeñó un papel importante como transferente de valor a la industria, vía centralización de los precios agrícolas por el gobierno federal a partir del control ejercido por la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO) (Bartra & Otero, 1988).

A partir del modelo logístico utilizado en el presente trabajo (Figura 5) se observa que las mayores tasas de crecimiento del parque de tractores, en cinco de las ocho regiones geo-económicas (N, NO, NE, CS y O) se realizó en la década de 1960 con tasas que van desde 22% hasta el 52%, siendo las regiones del norte quienes muestran un crecimiento por arriba de la media nacional (39%).

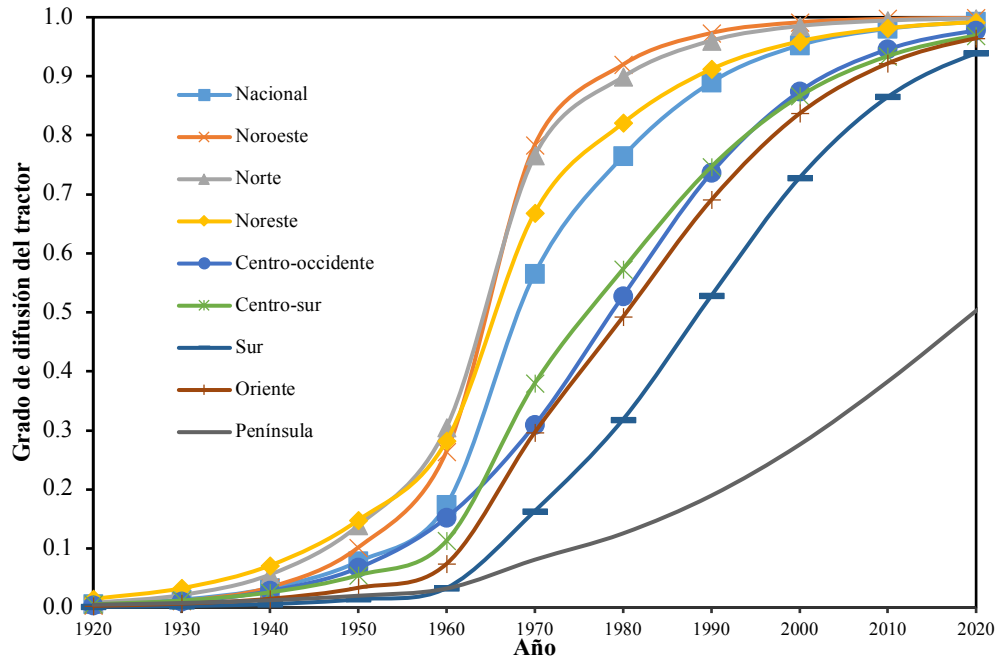


Figura 5. Trayectoria y etapas de desarrollo de la difusión regional y nacional del tractor agrícola

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a $T_t = \frac{K}{1+e^{-(a+bt)}}$ y $\%T_{ti} = \frac{T_{ti}}{K_i}$

Las empresas extranjeras dedicadas a ensamblar se establecieron a finales de los años sesenta (Cepeda & Gitli, 1985). Para esa década, EUA alcanzaba sus mayores índices de tractorización (Olmstead & Rhode, 2001; Martini & Silberberg, 2006; Manuelli & Seshadri, 2014) por lo que las empresas y el gobierno norteamericanos buscaron dinamizar la difusión del uso de tractores como mecanismo para ampliar sus mercados.

La rápida difusión del tractor agrícola en las regiones del norte durante 1960 y 1970 respondió a la introducción de paquetes tecnológicos (Valluis, 1974), donde el tractor resultó un componente indispensable. Esta tecnología fue implementada en los distritos de riego del norte del país, política agrícola que no incluyó a las zonas de temporal (Salinas, 1990). La fuerte mecanización de la agricultura irrigada sostenida durante esos años, se desarrolló gracias a los subsidios otorgados por los programas oficiales que promovían la reconversión de cultivos locales por los altamente comerciales que vendrían a fortalecer la conformación del mercado interior. Durante esas décadas la difusión del tractor

expandió su frontera hacia la región centro sur del país, donde el uso de esta tecnología contribuyó a intensificar los sistemas de producción (Hewitt, 1978; Pingali, 2007).

En los años setenta, para las regiones CO, CS, S y O las tasas de crecimiento en el uso del tractor fueron de alrededor del 20%, resultado del impulso que tuvo la producción agrícola en las regiones de temporal (Linck, 1985; Ocampo, 2004), situación que se mantuvo al alza bien entrada la primer década del 2000. Por el contrario, durante los años setenta las regiones del norte (NO, N y NE) decreció el proceso de difusión del tractor por debajo de la media nacional, que era de 64% (Figura 5).

La presencia y desarrollo de los mercados regionales y de servicios relacionados con los tractores, hicieron más accesible su adquisición y mantenimiento, factores indispensables para una rápida difusión (Houssou et al., 2013). Con un mercado de maquinaria desarrollado, subsidios gubernamentales en créditos y combustibles, déficit de mano de obra y sistemas de producción reconvertidos, el tractor presentó tasas de crecimiento muy dinámicas.

Durante las décadas de 1980 y 1990 se alejó la visión de un tractor que solamente servía para arar la tierra, y cada vez se utilizó más en las labores culturales como la siembra, escarda, aplicaciones de insecticidas y fungicidas, y cosecha y empaque. La funcionalidad operativa de sus implementos ayudó a tener mayor aceptación y demanda entre los productores, y su difusión entre los sectores minifundistas se incrementó rápidamente. De esta forma la acumulación de las innovaciones incrementales en el tractor agrícola lo hicieron cada vez más versátil y funcional para las distintas escalas de producción. Esta aplicación de la oferta de tractores, sirvió para enlazar la agricultura de temporal a los modelos de articulación agroindustrial y comercial de los sistema-producto, y cambió la organización productiva y de trabajo en las zonas rurales del país (Ocampo, 2004).

Esta tendencia al alza de las tasas de difusión se mantuvo durante la década del 1990, lo que posibilitó la incorporación de 94 mil tractores en unidades de producción de nivel medio y empresarial. La difusión de estos tractores abarcó 69% en tierras de temporal y el resto (31%) en las de riego (SARH, 1984), para obtener el 100% de mecanización meta durante ese periodo. No obstante, la situación de la economía nacional enmarcada por la caída de la demanda interna de alimentos y el decremento que se presentó en la rentabilidad agrícola, así como la contracción del gasto en la inversión pública dedicada a estimular la productividad del sector primario mediante la construcción de obras de irrigación (Calva, 1988), impidieron que se incrementara el índice de mecanización agrícola por parcela en el ámbito nacional. Sin embargo, se mantuvieron tasas de crecimiento promedio en la velocidad de difusión por arriba de la media nacional en las regiones del segundo grupo (CO, CS, O y S).

El retiro del Estado mexicano como promotor del desarrollo rural junto con la apertura comercial con América del Norte, dieron como resultado la pérdida de valor de los principales productos agrícolas (Calva, 1988; Calva, 1997) intensivos en maquinaria, lo que ocasionó una disminución de las tasas de difusión del tractor agrícola en casi todas las regiones, con excepción de la Península de Yucatán que siempre mostró un comportamiento lento pero ascendente, sin llegar a la saturación, en su proceso de incorporación de tractores a las actividades agrícolas.

A partir de la década del 2000 se impulsó un nuevo modelo de especialización agrícola territorial, que se caracteriza por menos unidades de producción y mayor superficie de cultivo, lo cual demandó maquinaria más sofisticada. Este proceso se vinculó con cambios en la oferta de tractores hacia aquellos de mayor potencia (Morales & Martínez, 1998), lo cual incrementó sustancialmente los precios de los tractores y sus implementos. Con ello se afectó las ventas de tractores, por lo que la sustitución de maquinaria obsoleta no logró superar el número necesario para mantener actualizado el parque de tractores (Ayala, Audelo, & Aragón, 2011). Un factor que terminó por distorsionar aún más esta situación lo fue, y

sigue siendo en la actualidad, la ampliación del mercado de servicios de mecanización agrícola representado por el contratismo rural o maquila agrícola (contratación de tractores y maquinistas para realizar actividades de mecanización agrícola), como una estrategia de mecanización muy eficiente instrumentada por los pequeños productores agrícolas (Palacios, 2009).

En general en el país la maquila agrícola es una actividad que ha impactado fuertemente las tasas de difusión del tractor agrícola durante las últimas tres décadas, porque sustituye la compra de tractores por la contratación de servicios, con lo cual posibilita al productor que recurre a este sistema realizar con oportunidad sus actividades agrícolas. Asimismo, rentabiliza el uso de tractor para el propietario de esta maquinaria. Esta situación provoca una distorsión en el mercado de tractores nuevos e incluso de los usados. Ejemplo de ello es que en 2007 hubo una disminución en la compra de tractores de cerca de 79 mil unidades.

Según datos del INEGI, del censo agrícola 1991 al del 2007 la contratación de maquila agrícola tuvo un crecimiento porcentual de 200%. En términos reales el efecto maquila tiene un impacto negativo en la difusión del tractor agrícola, pero impone un impacto positivo en la adopción de uso de tractores en los sectores de productores agrícolas que poseen menos recursos.

Finalmente, el tercer grupo de tendencia de difusión de tractor sólo se conforma por la región Península de Yucatán, la cual presenta características diferentes de mecanización al resto del país (Figura 5). Lo anterior se debe principalmente al tipo de sistema de producción agrícola que se realiza en esta región, el que se corresponde con el llamado sistema milpa, para la producción de maíz, frijol y calabaza en asociación, lo que limita la incorporación del tractor. Además, las condiciones edáficas de suelos delgados y calcáreos, dificultan la entrada de los implementos del artefacto, lo que ocasiona una introducción selectiva y funcional para ciertos cultivos como el henequén, y sólo en este caso, para las actividades de preparación de terreno ante la apertura de nuevas tierras para su cultivo, o para el traslado del producto hacia las áreas de transformación de la fibra.

Siguiendo una orientación internacional, la política actual del gobierno federal ha promovido la certificación de los tractores, con lo que hasta el 2009 se había apoyado la adquisición de poco más de 60 mil tractores (Ayala, Audelo, & Aragón, 2011), sin haberse reflejado esta situación de forma significativa en un aumento real de las tasas de difusión. Lo anterior, se debe a que la gran mayoría de estos artefactos sólo sustituyeron a los que se encontraban altamente depreciados, de tal forma que ya no estaban en condiciones de ponerlos a trabajar en campo. El número de maquinaria al respecto se mantuvo.

3.5.3. Parque de tractores

En cuanto al parque de tractores necesarios para equilibrar en el largo plazo el índice de adopción requerido, de acuerdo con el modelo logístico, es de alrededor de 228 mil tractores, 10 mil menos que los reportados por el INEGI (2018) para el 2007 con 238 mil. Este equilibrio puede variar a través del tiempo de acuerdo a diversos factores tales como un aumento de la potencia promedio de los tractores, una distorsión en el mercado de maquinaria por los subsidios del gobierno o un aumento inesperado en la rentabilidad de los cultivos intensivos en el uso de maquinaria, la ampliación de la orientación oficial que promueven entre otros el CIMMyT, labranza de conservación, donde se disminuye o elimina el uso de los equipos, lo que puede ocasionar la sobre-mecanización en lugares donde exista una concentración no funcional desde el ámbito económico, pero socialmente viable porque facilita cubrir la oportunidad en lo comercial (Cuadro 3).

Si bien la mayoría de las regiones están por saturarse técnicamente con el número de tractores necesarios para mecanizar el 100% de las tierras susceptibles, esta situación no resulta ser homogénea en todas las regiones, por ejemplo, en el 2007 el norte y centro-occidente estaban prácticamente sobre-mecanizadas (87.8% y 24.2%, respectivamente), en contraste con las del sur que muestran porcentajes de sub-mecanización mayores al 50% (Cuadro 3). Los aspectos que explican en parte lo anterior se relacionan casi siempre con externalidades entre las que se pueden señalar las relacionadas con alteraciones

en las condiciones climáticas o con las que tienen que ver con la entrega oportuna de las cosechas en sistemas de agricultura por contrato. En ese sentido, cabe decir, que en la gran mayoría de las regiones agrícolas del país los periodos claves para la siembra o la cosecha son relativamente cortos, lo cual obliga a atender las diferentes labores con oportunidad. Si se considera que en muchos de estos entornos se producen cultivos comerciales que requieren el manejo de grandes escalas de producción como son el frijol, trigo, maíz o sorgo, existe la necesidad de concentrar un gran número de tractores e implementos para la preparación del suelo, así como de maquinaria más especializadas para la cosecha o trilla de granos, lo que podría justificar rebasar los límites técnicos establecidos de maquinaria agrícola por parcela mecanizable.

Cuadro 3. Parque de tractores en el largo plazo vs el censo agropecuario 2007

Región	Ceiling (K)	Censo agropecuario 2007 Número de tractores	% de sobre- mecanización
Nacional	228.513	238.248	+ 4,3
Regiones norteañas			
Norte	40.313	75.701	+ 87,8
Noroeste	37.157	37.017	- 0,4
Noreste	17.201	16.951	- 1,5
Regiones centrales			
Centro-Occidente	48.628	60.408	+ 24,2
Centro-Sur	33.873	27.376	- 19,2
Regiones sureñas			
Sur	24.729	7.691	- 68,9
Oriente	21.000	10.406	- 50,4
Península	5.613	2.692	- 52,0

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los datos de la SARH (1984) e INEGI (2018).

A manera de epílogo, se puede decir que en el ámbito nacional la combinación de los factores antes mencionados provoca que las tasas de difusión hayan ido a la baja, al igual que el número de unidades contenidas en el parque nacional de tractores.

3.6. Conclusiones

La difusión científica y tecnológica es particularmente característica, pues permite distinguir claramente los sentidos y alcances de la difusión. De entrada, los

términos de centro y periferia resultan evidentes, al grado de tener muy claros las fronteras entre estos dos espacios: uno, creador de la ciencia y la tecnología, con la pertinencia de ser apropiadas para las situaciones en las cuales sus talleres, laboratorios, instituciones, gobiernos, etc. procuran su formulación. De la otra parte, la periferia con limitaciones en los enlaces entre los sectores, sin integración, desconectados. Por tanto, están expuestos a incluirse en los términos de dominio mediante la recepción de las propuestas científicas y tecnológicas creadas por el centro. De esta forma es preferible transferir, adoptar y adaptar la ciencia y sus aplicaciones tecnológicas creadas desde el centro. Transferimos y adaptamos.

Desde la metodología, el modelo logístico permite observar las diferencias de las trayectorias en fenómenos que resultan ser muy dinámicos en el tiempo. Para el presente caso de estudio, evidenció las asimetrías existentes entre las regiones en la adopción del tractor agrícola, principalmente entre las regiones del norte y las del resto del país.

Desde su inicio la difusión del tractor ha sido un proceso continuo, con una duración de poco más de 80 años (1937 a 2017), claramente regional, no homogéneo en el ámbito nacional. La velocidad de la difusión ha variado debido a condiciones estructurales, mientras que, en el parque de tractores, ha tenido un comportamiento oscilatorio caracterizado por periodos de aumento en el número de unidades llegando a la sobre saturación, y etapas en las que los niveles de concentración y número de tractores han disminuido drásticamente.

Finalmente, en futuras investigaciones se sugiere analizar la adopción del tractor y la maquila agrícola, para identificar qué características tienen los adoptantes del tractor y qué estrategias están utilizando para su adquisición y manutención. Además, sería importante analizar la dinámica y el rol que juegan los maquileros agrícolas en las diferentes regiones y sistemas de producción del país.

3.7. Literatura citada

- Amponsah, S. K., Oteng-Darko, P., & Kumi, F. (2012). Potential and constraints of agricultural mechanisation in Ghana—A review. *International Agricultural Engineering Journal*, 21(2), 38–43.
- Ayala, A. V., Audelo, M. A., & Aragón, A. (2011). La situación del mercado de tractores en México, perspectivas y retos en la certificación. *Textual*, (58), 91–111.
- Bartra, R., & Otero, G. (1988). Crisis agraria y diferenciación social de México. *Revista Mexicana de Sociología*, 50(1), 13–49.
- Bassols, B. Á. (1983). *México formación de regiones económicas. Influencia, factores y sistemas* (2da ed.). México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Calva, J. L. (1988). *Crisis agrícola y alimentaria en México 1982-1988*.
- Calva, J. L. (1997). *Crisis agrícola en México: 1982-1996*.
- Cepeda, O., & Gitli, E. (1985). Producción de tractores y transferencia de tecnología en México: el T-25 de origen soviético. *Comercio Exterior*, 35(8), 799–805.
- FAO. (2018). Mecanización Agrícola Sostenible. Retrieved April 5, 2018, from www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/es/
- Gómez-Oliver, L. (1995). *El papel de la agricultura en el desarrollo de México. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*.
- Griliches, Z. (1957). Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change. *Econometrica*, 25(4), 501–522.
- Hewitt, de A. C. (1978). *La modernización de la agricultura mexicana, 1940-1970* (7ma ed.). México, D.F.: Siglo XXI.
- Houssou, N., Diao, X., Cossar, F., Kolavalli, S., Jimah, K., & Aboagye, P. O. (2013). Agricultural mechanization in Ghana: is specialized agricultural mechanization service provision a viable business model? *American Journal of Agricultural Economics*, 95(5), 1237–1244. <http://doi.org/10.1093/ajae/aat026>
- INEGI. (2018). Censo Agropecuario, Ganadero y Forestal 2007. Retrieved February 3, 2018, from <http://www.inegi.org.mx>
- Lew, B. (2000). The diffusion of tractors on the Canadian prairies: the threshold model and the problem of uncertainty. *Explorations in Economic History*, 37(2), 189–216. <http://doi.org/10.1006/exeh.2000.0737>
- Linck, T. (1985). La mecanización de la agricultura de temporal. *Comercio Exterior*, 35(2), 150–160.
- Manuelli, R. E., & Seshadri, A. (2014). Frictionless technology diffusion: the case of tractors. *American Economic Review*, 104(4), 1368–1391.

- Mar-Molinero, C. (1980). Tractors in Spain: A Logistic Analysis. *The Journal of the Operational Research Society*, 31(2), 141–152. <http://doi.org/10.1057/jors.1981.101>
- Martini, D. D., & Silberberg, E. (2006). The diffusion of tractor technology. *The Journal of Economic History*, 66(2), 354–389. <http://doi.org/10.1017/S0022050706000155>
- Morales, C. N., & Martínez, D. M. A. (1998). El sistema de demanda casi ideal aplicado a tractores agrícolas en México. *Agrociencia*, 32(2), 157–163.
- Muñoz, R., & Llanos, J. (2012). Estimation of the lifespan of agricultural tractor using a diffusion model at the aggregate level. *Ciencia e Investigación Agraria*, 39(3), 557–562. <http://doi.org/10.4067/S0718-16202012000300014>
- Muñoz, R., Llanos, J. L., & 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. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642011000600013>
- Noble, G. (2012). Banco Agrario de Yucatán. In M. E. Villanueva (Ed.), *Yucatán: Historia y cultura henequenera* (p. 417). Mérida, Yucatán: Instituto Belisario Domínguez.
- Ocampo, L. J. G. (2004). *Sujetos y paradigmas tecnológicos: la tractorización del campo mexicano. Un escenario de conflictos desde Juchitepec, Estado de México*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Ocampo, L. J. G., & Palacios, R. M. I. (2014). *Los diseñadores nacionales de tecnología agrícola*. Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Oliver, F. R. (1981). Tractors in Spain: A Further Logistic Analysis. *The Journal of the Operational Research Society*, 32(6), 499–502. <http://doi.org/10.2307/3007885>
- Olmstead, A. L., & Rhode, P. W. (2001). Reshaping the landscape: the impact and diffusion of the tractor in American agriculture, 1910-1960. *The Journal of Economic History*, 61(3), 663–698.
- Palacios, R. M. I. (2009). *Comportamiento y formas de organización de la maquila agrícola en una región de agricultura altamente tecnificada*. Colegio de Posgraduados.
- Palacios, R. M. I., & Ocampo, L. J. G. (2012). Los tractores agrícolas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp.*(4), 812–824.
- Pérez, C. (2010). Technological dynamism and social inclusion in Latin America: A resource-based production development strategy. *Cepal Review*, (100), 121–141.
- Pingali, P. (2007). Agricultural mechanization: adoption patterns and economic impact. *Handbook of Agricultural Economics*, 3, 2779–2805. [http://doi.org/10.1016/S1574-0072\(06\)03054-4](http://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4)
- Ranis, G. (1974). ¿Se está tornando amargo el milagro mexicano? *Demografía y*

Economía, 8(1), 22–33.

- Rubio, B. (2014). *El dominio del hambre. Crisis de hegemonía y alimentos*. Juan Pablos Editor.
- Ryan, B., & Gross, N. C. (1943). The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa communities. *Rural Sociology*, 8(1), 15–24.
- Salinas, R. (1990). El campo mexicano ante el reto de la modernización. *Comercio Exterior*, 40(9), 816–829.
- Sandoval, R. L. (2004). Los ciclos económicos largos Kondratiev. In *IX Jornadas de Economía Crítica* (p. 66).
- SARH. (1984). *Programa nacional de tractores agrícolas y sus implementos 1985-1988*. *Archivo General de la Nación*.
- Valluis, B. (1974). La agricultura de México y la dominación norteamericana. *Investigación Económica*, 33(129), 101–121.
- Wallerstein, I. M. (2005). *Análisis de sistemas-mundo: una introducción*. Siglo XXI.
- Wionczek, M. S. (1982). La aportación de la política hidráulica entre 1925 y 1970 a la actual crisis agrícola mexicana. *Comercio Exterior*, 32(4), 394–409.

CAPÍTULO 4. TRAYECTORIA SOCIO-TÉCNICA DEL TRACTOR AGRÍCOLA EN MÉXICO

SOCIO-TECHNOLOGICAL TRAJECTORY OF THE AGRICULTURAL TRACTOR IN MEXICO

4.1. Resumen

El objetivo de la presente investigación es analizar el cambio tecnológico a través de la trayectoria socio-técnica del tractor y las principales alianzas que se dieron, vista desde un conjunto de factores heterogéneos vinculados con su difusión y adopción en la agricultura mexicana. Para su análisis se utilizaron la metodología de las trayectorias tecnológicas. Los cambios tecnológicos del tractor y las diferentes políticas de gobierno delimitaron la trayectoria del tractor agrícola. Las alianzas que se observaron fueron entre las mismas empresas, primeramente, para tener acceso a la tecnología y en la segunda alianza para acceder a otros mercados. En México estas alianzas se dieron principalmente entre el gobierno federal y las empresas de tractores, en las cuales se determinaron los subsidios y la transferencia de tecnología. Podemos concluir que la trayectoria socio-técnica del tractor agrícola ha sido producto de los cambios tecnológicos que éste ha tenido a través del tiempo y la intervención del gobierno en el fomento en la agricultura mexicana.

Palabras clave: Alianzas socio-tecnológicas, Políticas de gobierno, Cambio tecnológico

4.2. Abstract

The objective of the present investigation is to analyze the technological change through the socio-technical trajectory of the tractor and the main alliances that occurred, seen from a set of heterogeneous factors linked to its diffusion and adoption in Mexican agriculture. For their analysis, they used the methodology of technological trajectories. The technological changes of the tractor and the different government policies delimited the trajectory of the agricultural tractor. The alliances that were observed were between the same companies, first, to have access to technology and in the second alliance to access other markets. In Mexico these alliances were mainly between the federal government and the tractor companies, in which subsidies and technology transfer were determined. We can conclude that the socio-technical trajectory of the agricultural tractor has been the product of the technological changes it has had over time and the intervention of the government in the promotion of Mexican agriculture.

Key words: Socio-technological alliances, Government policies, Technological change

4.3. Introducción

El uso del tractor e implementos agrícolas a lo largo de diez décadas de su difusión, ha provocado y se ha acompañado de diversos procesos de cambio tecnológico, agrario y social. La adopción de esta máquina por parte de los productores agrícolas ha repercutido en el desarrollo de los sistemas productivos, principalmente en el tipo de cultivo y la organización del trabajo (Palacios & Ocampo, 2012).

Las nuevas tecnologías, en este caso el tractor, fueron haciendo obsoletas a las otras (tracción animal) pero sólo en aquellas regiones donde se tenían las condiciones necesarias para su introducción a parcela e implementación de una agricultura con orientación comercial. Los modelos tradicionales se mantuvieron donde se practicaba una agricultura de temporal y subsistencia. Sin embargo, para que el tractor tuviera éxito se conjugaron ciertos factores como la infraestructura física, social y tecnológica; además, la existencia de un mercado desarrollado que ofertara y demandara esta tecnología.

Los efectos del empleo del tractor agrícola se manifiestan de forma positiva o negativa en la intensificación de los sistemas de producción, mediante el aumento del suministro de energía en las actividades agrícolas (Olmstead & Rhode, 2001) y en el incremento de la tasa de sustitución marginal de la mano de obra por el tractor (Hayami & Ruttan, 1970), lo que en términos reales se ha expresado en su reducción, y en el ordenamiento de los procesos de trabajo necesarios para la producción agropecuaria (Martini & Silberberg, 2006). Lo anterior ha tenido su expresión en otros ámbitos al ser un componente importante de algunos cambios sociales de gran repercusión en el sector rural nacional, como son los ciclos de migración al posibilitar ser un componente que posibilita la conformación de regiones atractoras o expulsoras de mano de obra campesina, además de presentar las bases motoras para la especialización

agrícola territorial, particularmente para la producción de cereales, oleaginosas y forrajes (Escalante & Catalán, 2007).

Dada la importancia que tiene el tractor en la reconfiguración de las estructuras productivas y sociales, el presente capítulo tiene como objetivo analizar la trayectoria socio-técnica del tractor agrícola en México y las principales alianzas que se dieron. Dentro de los estudios relacionados con las trayectorias socio-técnicas en México, se tiene como antecedente los realizados por Vargas et al. (2018) donde analizan la agricultura protegida en una región y el de Ocampo (2004) en el que analiza al tractor agrícola de manera general para México, tomando como referente empírico un caso de estudio en una región de agricultura campesina en transición.

4.4. Metodología

La tecnología se concibe como un área especializada de la política de desarrollo, con instituciones separadas. Pero al analizarla tiene que abandonarse la idea de que su existencia es independiente de la sociedad que la rodea. Así, para conocer la naturaleza más compleja del cambio tecnológico debe de verse como un proceso evolutivo, donde, una vez que la tecnología es incorporada a un sistema, ésta hace obsoleto los antiguos modelos de gestión y sigue una trayectoria dentro de un espacio de posibilidades, en el cual convergen los diferentes actores económicos, tecnológicos y socio-institucionales que determinarán su ritmo y dirección, dando como resultado su difusión socio-técnica (Dosi, 1982; Pérez, 2001; Thomas & Gianella, 2006; Pérez, 2010).

En este sentido, se estudiaron las direcciones que toma la trayectoria de difusión del tractor agrícola en México. Para lo cual se trazó una línea de tiempo que va de 1930 a 2014, donde se identificaron los principales hechos sociales, tecnológicos, económicos y políticos que ocurrieron en el ámbito nacional e internacional, con el fin de ubicar los principales eventos que facilitaron su introducción en el sector rural (Vargas et al., 2018).

Además, se analizan las principales alianzas socio-técnicas que se dieron en torno a su distribución en fechas clave, con lo cual se incorporan aspectos relacionados con la dimensión del poder en torno a la difusión que presenta esta tecnología, misma que garantiza u obstruye el desarrollo de su trayectoria (Thomas, 2005; Thomas, 2009; Thomas, 2010; Picabea & Thomas, 2011).

Para analizar el desarrollo de la tecnología del tractor, en un contexto internacional y considerando las diversas relaciones que se dieron entre las empresas productoras de maquinaria agrícola, se utilizó el enfoque genealógico planteado por Davinson (2006). Asimismo, se enfatizó en el papel desempeñado por los liderazgos tecnológicos de las principales empresas productoras de tractores (Vargas, 2016). Para este caso, sólo se tomaron en cuenta las principales empresas de tractores que tienen presencia en México. De acuerdo con Ayala, Audelo, & Aragón (2011) a partir de 1930, son tres empresas que han controlado el mercado nacional, éstas son la John Deere (JD), Massey Ferguson (MF), Ford (hoy New Holland); en la actualidad se ha incrementado a seis, sumándose a las primeras la McCormick (McC), Case International Harvester (CIH) y Kubota.

4.4.1. Recolección de la información

Para trazar la trayectoria de la difusión del tractor agrícola en México, se utilizó el parque de tractores existente a través del tiempo, el cual se tomó de los censos agrícolas y ejidales publicados por el INEGI desde 1930. Lo anterior permitió establecer la curva de distribución a través de un modelo logístico propuestos por Griliches (1957) y Muñoz, Llanos, & Sáez, (2011). Para ubicar esta secuencia, además se revisaron diversos documentos contenidos en el Archivo General de la Nación e INEGI en su sitio Web. Igualmente, se retomaron los datos las empresas JD, MF, New Holland (NH), McC, CIH y Kubota presentados en sus sitios Web. De igual manera, se incluyeron los documentos elaborados al respecto por instituciones gubernamentales como la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el Servicio de

Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

4.5. Resultados y discusión

4.5.1. Trayectoria socio-técnica del tractor agrícola

La difusión del tractor agrícola fue significativa hasta los años treinta del siglo pasado, sin embargo los primeros tractores de los que se tienen registro en México son de 1880 cuando se importaron las primeras unidades (SARH, 1984). Cabe destacar que la tecnología del tractor no es propia de México sino que fue desarrollada en las regiones agrícolas de Estados Unidos, Inglaterra, Alemania e Italia (Ocampo, 2004) con características propias de estas regiones.

En la Figura 6 se muestra la trayectoria del tractor agrícola en México y los diferentes sucesos que dieron alrededor de ésta que marcaron su tendencia. Entre los primeros sucesos se encuentra que se dio en torno a los primeros gobiernos posrevolucionarios, donde una vez terminada la Revolución Mexicana se registró la importación de tractores por el primer gobierno posrevolucionario en 1918 y 1919 (Ocampo, 2004; SARH, 1984), de esta manera, se siguieron importando y distribuyendo entre los productores que practicaban una agricultura extensiva y comercial. Entre 1920 y 1940 se implementaron una serie de políticas y reformas agrarias, dando como resultados el desarrollo de grandes obras de infraestructura hidráulica (Wionczek, 1982), principalmente en las regiones del norte del país. Igualmente, se fortaleció al ejido como eje principal en el desarrollo campesino, a través del reparto agrario (Marañón & Fritscher, 1988) y los créditos agrícolas otorgados por el Banco Nacional Agrícola y Ejidal (BNAE) (De la Peña, 1940). Lo anterior permitió generar las condiciones para que el tractor agrícola ingresara a la agricultura mexicana de manera lenta, ya que en 1930 sólo se registró la existencia de 3,875 tractores en el ámbito nacional y diez años después se incrementó únicamente en 674 unidades, con una concentración de éstas en el norte del país.

Entre 1920 y 1940, la mayoría de los tractores que existían fueron importados por las diferentes instituciones creadas por el gobierno, principalmente por el BNAE, de igual manera éste establecía centrales de maquinaria agrícola en aquellos ejidos con vocación comercial (Ocampo, 2004), en los cuales se producían cultivos comerciales como el algodón y trigo.

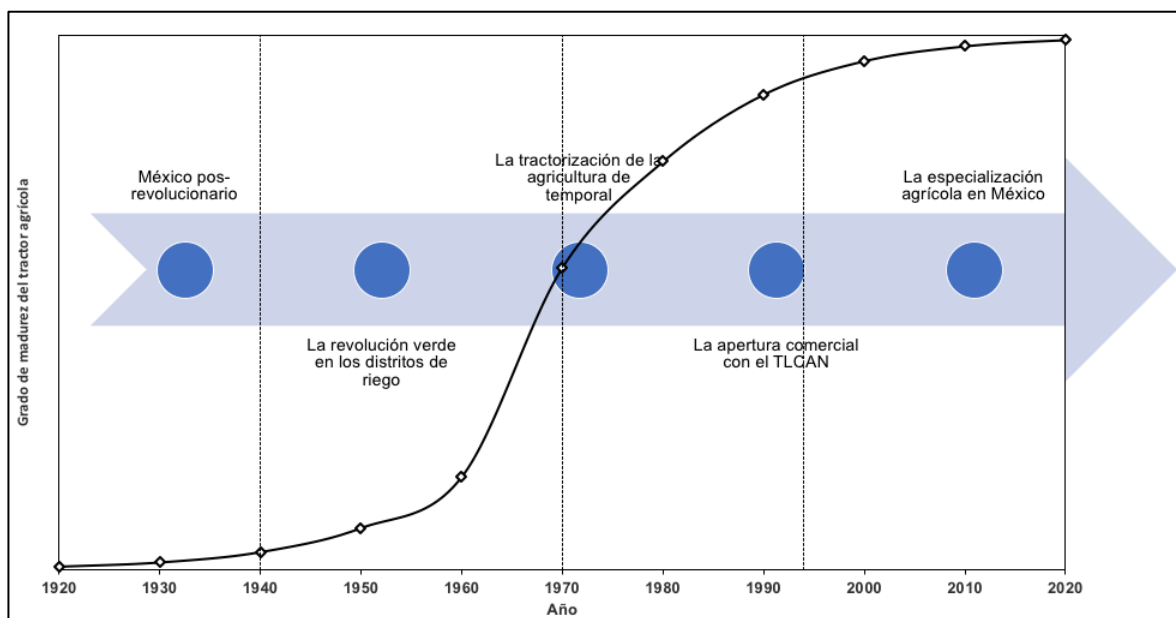


Figura 6. Trayectoria socio-técnica del tractor agrícola en México.
Fuente: Elaboración propia.

En los años cuarenta, como parte del cambio estructural que vivió el país en las décadas anteriores y el nuevo modelo económico que se establecía, la agricultura mexicana experimentó grandes cambios. Así, en 1943 el gobierno mexicano firmaba con la Fundación Rockefeller un convenio de colaboración para modernizar la agricultura a través de la generación de nuevas tecnologías (Velázquez, 1990), situación que daría lugar a lo que conocemos como Revolución Verde. Este proceso tecnológico tenía como soporte el mejoramiento genético para el desarrollo de variedades de alto rendimiento (Ceccon, 2008), las cuales se asociaban con los “paquetes tecnológicos” conformados por cinco componentes: semillas mejoradas, fertilizantes, pesticidas, riego y maquinaria agrícola (Ocampo, 2004).

Fueron los distritos de riego los mayores beneficiados de la Revolución Verde en comparación con las áreas de temporal (Salinas, 1990). El tractor se hacía indispensable en los nuevos sistemas de producción, de igual forma se desarrollaba una nueva noción de competitividad al vencer los cuellos de botella creados por la falta de mano de obra y los reducidos periodos para realizar las labores propias de los cultivos (Pingali, 2007). Con lo anterior, los índices de mecanización se dispararon entre 1940 y 1970, principalmente en los distritos de riego, donde se producía una agricultura comercial que correspondía al modelo agropecuario impulsado por el Estado para incrementar la generación de divisas y alimentos para sostener la pujante industrialización que vivía el país en ese tiempo. Asimismo, durante este periodo el número de tractores aumentó casi 18 veces con poco más de 80 mil unidades, y la tendencia seguía: el 60% del parque de tractores se encontraban en las regiones del norte.

Dos empresas controlaban el mercado de tractores en los comienzos de la tractorización del campo mexicano, la International Harvester Co. (IH) de origen inglés y la norteamericana Ford (Valluis, 1974), éstas importaban los tractores de sus fábricas en el extranjero, y no fue hasta finales de los sesentas que establecieron sus fábricas en México, producto del cambio en la regulación industrial, en cuanto a la conformación de los productos finales con componentes producidos en México (Ocampo & Palacios, 2014). En 1966 las primeras empresas en ensamblar la maquinaria agrícola en territorio nacional fueron la IH y JD, un año más tarde lo hicieron la MF y Ford (Cepeda & Gitli, 1985).

Con el gran crecimiento en la adopción del tractor en los sesentas, los distritos de riego comenzaron a saturarse de maquinaria y las empresas, que recién habían instalado sus plantas en México, voltearon a ver las zonas de temporal. Así, la nueva política sustitutiva de importaciones en el área de bienes de capital y la reorientación de las políticas agrícolas para favorecer y ampliar los niveles de mecanización en las tierras de temporal (Linck, 1985), pero sólo en aquellas donde se practicaba una agricultura orientada al mercado, comenzaron a

desarrollarse procesos masivos de adopción mediante la oferta de apoyos, subsidios y créditos.

Inducido por las nuevas políticas a través de la implementación de fuertes subsidios que promovían la adquisición de nuevos tractores, entre las que destacaron las subvenciones a los precios de maquinaria y combustible (Ayala et al., 2011) y la dotación de créditos con tasas de intereses blandas (Negrete, 2011), el parque de tractores aumentó casi cuatro veces de 1970 a 1991, cifra que en términos reales, ha sido la de mayor crecimiento en veinte años, ya que se incrementó su número en más de 230 mil unidades.

En 1975, el 75% de la demanda interna era satisfecha por la producción nacional (SARH, 1984), pero con un problema serio, que en años subsecuentes empeoraría, ya que existía una fuerte concentración del mercado de maquinaria en solamente cuatro empresas, las cuales ostentaban el 96% de su producción y comercialización, y el 4% restante era ofertado por SIDENA, empresa paraestatal, con el tractor T-25 de diseño de origen soviético, con una potencia de 31 hp (Cepeda & Gitli, 1985), que en términos reales, tenía mayor funcionalidad técnica para atender las pequeñas escalas productivas de las regiones de agricultura campesina.

Asimismo, en la década de 1970 se presentaron diferentes opciones tecnológicas nacionales de tractores adecuados para el campo mexicano, principalmente de baja potencia (menores a 20 hp), los cuales fueron propuestos en los principales centros de investigación y universidades del país, sin obtener el apoyo gubernamental esperado, y finalmente fracasaron (Ocampo & Palacios, 2014).

La década de 1990 fue un parteaguas para los tractores agrícolas en México, tanto en su parque, comercio e industria. Poco más de la mitad de la agricultura se encontraba mecanizada, pero de manera asimétrica, de tal manera que las regiones agrícolas del sur tenían los índices más bajos de mecanización (menos del 50%). Igualmente, hubo un fuerte decremento en el parque de tractores entre 1991 a 2007, en 79 mil unidades, producto de varios factores entre los que

resaltan una contracción de la inversión pública en el fomento de la agricultura (Calva, 1988) en los ochentas y noventas; el número de unidades vendidas por debajo de las requeridas para la reposición (Ayala et al., 2011); el surgimiento de la maquila agrícola como estrategia de mecanización por parte de los pequeños productores (Palacios, 2009); y los grandes avances en la tecnología utilizada por el tractor, los cuales tenían mayor capacidad, siendo así la existencia de una creciente oferta de tractores de mayor potencia (Morales & Martínez, 1998).

Respecto a la industria productora de tractores, el TLCAN estimuló su crecimiento, el valor de la producción nacional se quintuplicó de 1993 al 2014, las importaciones crecieron 8 veces y fueron las exportaciones con el mayor crecimiento en el mismo periodo, las cuales aumentaron en 48 veces (INEGI, 2017). Igualmente, el mercado se concentraría en tan sólo tres empresas, con un control del 91% (Ayala et al., 2011) posicionándose la JD en detrimento de la IH (la cual se retiró a finales de los ochenta), Ford (ahora NH) y MF.

En 1996 el gobierno mexicano implementó el programa de mecanización que ha mantenido vigente hasta el 2017, el cual hasta el 2009 se había apoyado la adquisición de poco más de 60 mil tractores (Ayala, Audelo, & Velázquez, 2014), principalmente a las regiones con una agricultura comercial intensiva.

Producto de la especialización agrícola, principalmente en aquellos cultivos que se exportan, como el aguacate, berries, tomates y chiles, además de los cultivos básicos que se siembran de manera extensiva e intensivamente mecanizados, las empresas diversificaron su oferta de acuerdo a las necesidades del mercado. De esta manera, existen una serie de modelos conocidos como utilitarios, huerteros, de alto despegue, compactos, doble tracción, por lo que en 2017 llegaron a ofertarse 271 modelos diferentes de las principales empresas, en comparación con los 17 modelos que se ofertaban a mediados de los setentas y los 12 a principios de los ochentas (Cepeda & Gitli, 1985).

4.5.2. Alianzas socio-técnicas entre empresas de tractores en el ámbito internacional

Las principales empresas de tractores tienen como origen el desarrollo de implementos y herramientas para la agricultura, las cuales datan de mediados del siglo XIX. Los primeros tractores eran grandes máquinas de vapor en las postrimerías de ese siglo. Para principios de 1900 evolucionaron a tractores de combustión interna, utilizando gasolina. Esta innovación radical coincidió con una serie de fusiones entre las diferentes empresas productoras de tractores, éstas se dieron principalmente para compartir patentes y posicionarse en nuevos mercados. De las fusiones que se dieron salieron fortalecidas principalmente las empresas JD, Ford, Sperry New Holland (SNH), Case, IH, Ferguson y Massey-Harris (M-H) (Figura 7) de capital norteamericano y canadiense principalmente.

Una vez dadas estas fusiones suscitó una fuerte carrera para mejorar el diseño del tractor, a través de innovaciones tanto radicales como incrementales. Estos esfuerzos mejoraron enormemente la versatilidad reduciendo su tamaño (Olmstead & Rhode, 2001), se dotó de ruedas (Wikia, 2016) y sistema de enganche “tres puntos” (Massey Ferguson, 2016) y se incorporaron los neumáticos de caucho (SARH, 1982) dándole mayor movilidad y vida útil. Además, nuevamente se innovó en el motor cambiando la fuente de energía utilizada en la combustión, pasando de motor gasolina a diésel a finales de la década de 1920.

Las innovaciones en el tractor siguieron dándose. Las empresas estaban en constante lucha para ofrecer cada vez modelos más innovadores. Los principales cambios que se dieron entre 1940 a 1970 fueron innovaciones incrementales, ya que se mejoró la comodidad del operador y se incorporaron los frenos de disco, bloqueo diferencial, sistema de enganche electrónico y tracción en las cuatro ruedas. Sin embargo, la innovación que más sobresalió y se trabajó durante ese periodo fue la potencia del motor, ofreciendo las diferentes empresas tractores con motores de 4, 6 y hasta 8 pistones, obteniendo tractores con mayor potencia y sobrepasando los 100 hp. En la industria de tractores, la fusión más significativa

se dio entre la Ferguson y la Massey-Harris a mediados de los cincuentas para dar origen a la MF, empresa vigente en la actualidad.

En los ochentas, dos fusiones en el ámbito internacional concentrarían aún más la industria de tractores, la primera se dio entre la Ford y SNH para dar origen a la Ford New Holland Inc., y la segunda fue entre la Case y la IH resultando la Case International Harvester (CIH), esta última empresa a su vez absorbió a la Steiger, empresa especializada en tractores de alta potencia. Las innovaciones del tractor siguieron dándose en torno de mejoras en seguridad y comodidad del operador, y en aumentar y mejorar la potencia de los motores.

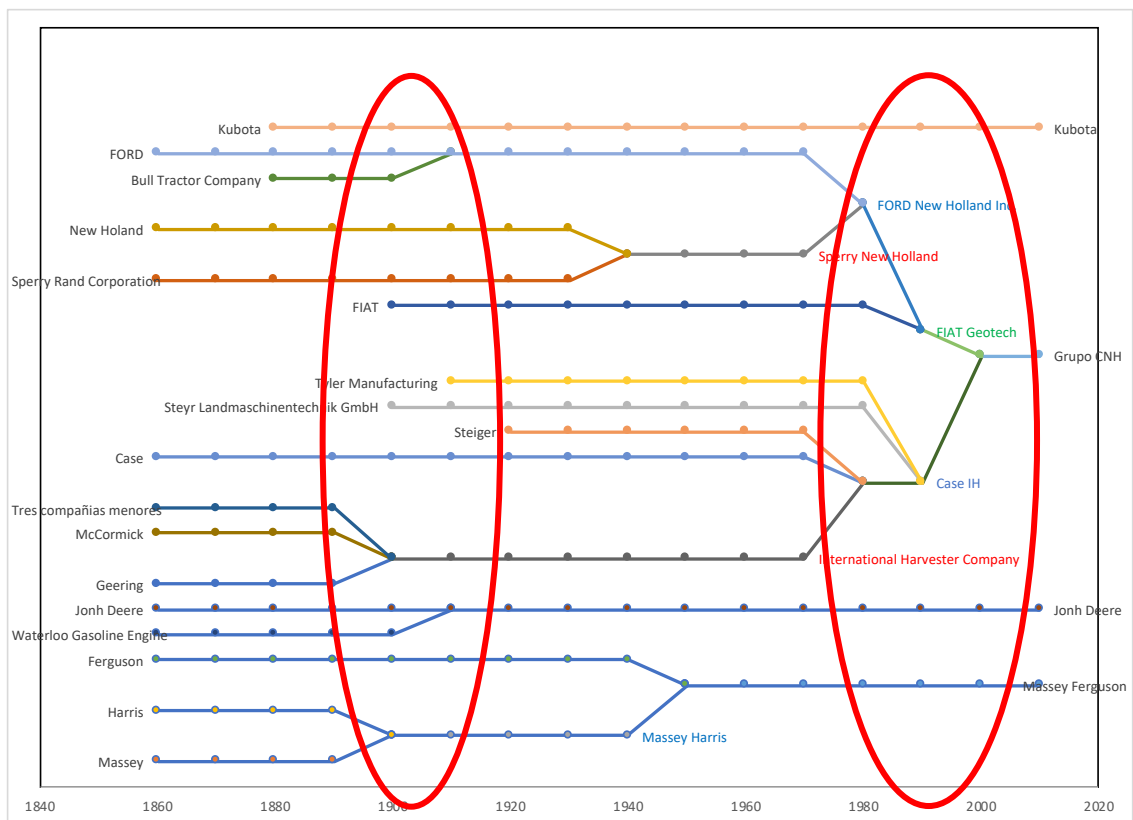


Figura 7. Fusiones y desarrollos tecnológicos de las principales empresas a nivel mundial

Fuente: Elaboración propia con información de las paginas Web de las empresas

De los noventa a la actualidad, al margen de la especialización de la agricultura que se dio a nivel mundial, las empresas estuvieron innovando en la agricultura de precisión, monitoreo con tecnología satelital, eficiencia y rendimiento de los

combustibles, además la protección ambiental. De igual manera, siguió mejorando la potencia del tractor, ofertándose cada vez modelos de mayor potencia, más seguros y cómodos para el operador, entre otras tantas mejoras que se dieron en los últimos 20 años.

La dinámica globalizadora de la industria de tractores llevó a una serie de fusiones, que permitieron una mayor concentración de esta industria (Figura 7). Así, la Ford New Holland Inc. se fusionó con FIAT y dio origen a la división FIAT Geotech; la Case International Harvester absorbió a Steyr Landmaschinentechnik GmbH y Tyler Manufacturing para así acceder a la tecnología de tractores especializados en zonas montañosas de la primera empresa, para tener mayor presencia de mercado. Posteriormente, en la primera década del siglo XXI se fusionaron la División FIAT Geotech y CIH para dar origen al Grupo Case New Holland Industrias lo que amplió su presencia en el mercado mundial y competir con los Grupos AGCO y ARGO Tractores con presencia en varios países, siendo sus marcas representantes la Massey Ferguson y la McCormick, respectivamente.

4.5.3. Alianzas socio-técnicas en México

Como se mencionó anteriormente, los primeros indicios de tractores en el campo mexicano fueron hacia 1880 (SARH, 1984) por iniciativa del gobierno. Esta iniciativa se mantuvo hasta entrados los años 1950 donde el gobierno mexicano, a través de sus instituciones de fomento, importaba y distribuía los tractores e inclusive administraba directamente varias centrales de maquinaria (Ocampo, 2004). La primera alianza se dio por alrededor de 25 años (Figura 8) donde el gobierno junto con las empresas fomentaba el uso del tractor. Las instituciones de fomento y de investigación eran los responsables de hacer llegar esta tecnología directamente a los productores. Cabe mencionar el desarrollo gradual de un mercado de tractores, donde los productores podían adquirir estas máquinas directamente con las empresas.

En la segunda alianza, las empresas trasnacionales controlaban la agenda tecnológica del tractor, ya en un mercado desarrollado y donde el tractor se correspondía con la tecnología de los paquetes tecnológicos (Hewitt, 1978), los tractores eran adquiridos directamente por los productores como producto de los ingresos proporcionados por la ampliación de la Revolución Verde. Cuatro empresas trasnacionales se establecieron en territorio nacional a finales de los sesentas (Cepeda & Gitli, 1985) producto de la reforma industrial de 1962 (Ocampo, 2004) y la saturación de los mercados de Estados Unidos y Canadá. Las instituciones de fomento e investigación seguían impulsando la adopción del tractor, las primeras lo hacían a través de subsidios (tanto en el precio de la maquinaria, como créditos con tasas blandas y en combustibles) y los segundos a través de centros de transferencias de tecnología. Asimismo, en la década de 1970 se presentaron diferentes opciones tecnológicas nacionales de tractores adecuados para el campo mexicano, principalmente de baja potencia (menores a 20 hp), los cuales fueron propuestos por los principales centros de investigación y universidades del país, sin obtener el apoyo esperado y finalmente fracasaron (Ocampo & Palacios, 2014).

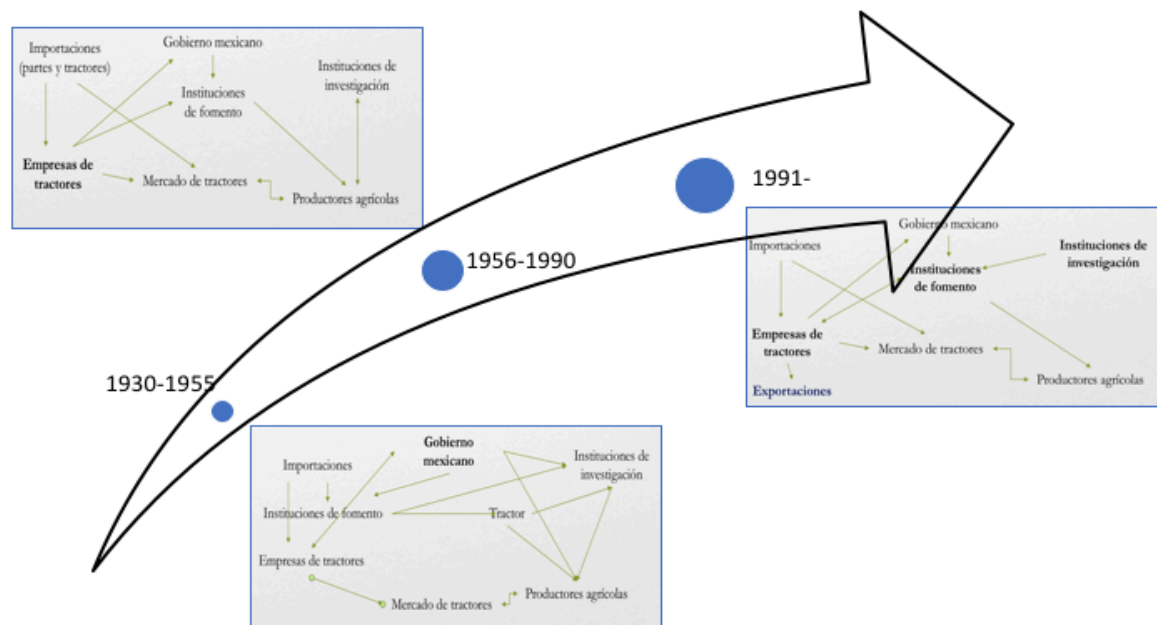


Figura 8. Alianzas socio-técnicas del tractor agrícola a través del tiempo
Fuente: Elaboración propia

En la década de 1990 se realizó una tercera alianza dentro de un preámbulo de apertura comercial que beneficiaría en lo siguiente a las empresas de tractores establecidas en México. Una vez que se firmó y operó el Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) las empresas comenzaron a exportar tractores a un gran número de países, principalmente a Estados Unidos de América. En esta alianza, las instituciones de fomento e investigación tomaron un papel importante en la regulación de la calidad de los tractores que se comercializan en el mercado mexicano, principalmente aquellos subsidiados por el mismo gobierno (Ayala et al., 2011). Ya en un mercado más especializado, las empresas comienzan a responder a las necesidades específicas de los cultivos, no a las de la agricultura en general, como el aguacate, berries, caña de azúcar y cultivos básicos, con tractores especializados, existiendo una amplia gama de éstos.

4.6. Conclusiones

La trayectoria socio-técnica del tractor agrícola ha sido producto de los cambios tecnológicos que ha tenido a través del tiempo y por la intervención del gobierno en el fomento en la agricultura mexicana. De igual manera, fue delimitada por las diversas etapas en las que se desarrollaba la agricultura mexicana y las condiciones socio-económicas del medio rural, las cuales estuvieron supeditadas a factores políticos, sociales y económicos, además de las condiciones edafoclimatológicas del país.

La participación del gobierno en la introducción del tractor agrícola a la agricultura mexicana y desde la primera alianza que éste tuvo con las empresas trasnacionales productoras de tractores, fue de vital importancia en la trayectoria del tractor agrícola. Una vez que el tractor fue indispensable para la agricultura mexicana, la segunda y tercera alianza entre empresas y gobierno fue por imposiciones recíprocas. Por un lado, las empresas dictaban la agenda tecnológica del tractor, y por el otro el gobierno a través de sus instituciones, fomentaban su adopción y regulaban su calidad.

En el contexto internacional, existieron dos momentos de alianzas estratégicas entre las empresas de tractores, las cuales se dieron mediante la adquisición o fusión de éstas. La primera, se dio en el contexto de obtener y compartir los adelantos tecnológicos con las que éstas contaban y no eran disponibles ya que estaban patentados. Esta alianza tuvo lugar a principios del siglo XX. La segunda alianza entre las empresas se dio a finales del mismo siglo, teniendo como principal objetivo ampliar su participación o tener presencia en nuevos mercados, dando como resultado una alta concentración.

Finalmente, ya que la difusión y adopción del tractor agrícola no fue homogénea en el territorio nacional, en futuras investigaciones se sugiere analizar la trayectoria en las diferentes regiones agrícolas de México y observar alianzas, actores y otros factores que las delimitaron.

4.7. Literatura citada

- Ayala, A. V., Audelo, M. A., & Aragón, A. (2011). La situación del mercado de tractores en México, perspectivas y retos en la certificación. *Textual*, (58), 91–111.
- Ayala, A. V., Audelo, M. A., & Velázquez, N. (2014). *Los tractores agrícolas en México*. Plaza y Valdés S.L.
- Calva, J. L. (1988). *Crisis agrícola y alimentaria en México 1982-1988*.
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias*, 1(91), 21–29.
- Cepeda, O., & Gitli, E. (1985). Producción de tractores y transferencia de tecnología en México: el T-25 de origen soviético. *Comercio Exterior*, 35(8), 799–805.
- Davinson, P. G. (2006). *Investigación Social*.
- De la Peña, M. T. (1940). El crédito agrícola en la economía mexicana. *El Trimestre Económico*, 7(25), 96–115.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy*, 11(3), 147–162. [http://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](http://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6)
- Escalante, R. I., & Catalán, H. (2007). Situación actual del sector agropecuario en México: perspectivas y retos. *Economía Informa*, (350), 7–25. Retrieved from <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/350/01escalante.pdf>

- Griliches, Z. (1957). Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change. *Econometrica*, 25(4), 501–522.
- Hayami, Y., & Ruttan, V. W. (1970). Factor prices and technical change in agricultural development: the United States and Japan, 1880-1960. *Journal of Political Economy*, 78(5), 1115–1141.
- Hewitt, de A. C. (1978). *La modernización de la agricultura mexicana, 1940-1970* (7ma ed.). México, D.F.: Siglo XXI.
- INEGI. (2017). Balanza comercial de mercancías de México. Anuario estadístico 1993-2014. Retrieved July 18, 2017, from www.inegi.org.mx
- Linck, T. (1985). La mecanización de la agricultura de temporal. *Comercio Exterior*, 35(2), 150–160.
- Marañón, B., & Fritscher, M. (1988). La agricultura mexicana y el TLC: el desencanto neoliberal. *Debate Agrario*, (37), 183–210.
- Martini, D. D., & Silberberg, E. (2006). The diffusion of tractor technology. *The Journal of Economic History*, 66(2), 354–389. <http://doi.org/10.1017/S0022050706000155>
- Massey Ferguson. (2016). Explore Massey Ferguson's History. Retrieved November 25, 2016, from <http://www.masseyferguson.us>
- Morales, C. N., & Martínez, D. M. A. (1998). El sistema de demanda casi ideal aplicado a tractores agrícolas en México. *Agrociencia*, 32(2), 157–163.
- Muñoz, R., Llanos, J. L., & 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.
- Negrete, J. C. (2011). Políticas de mecanización agrícola en México. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 1–22.
- Ocampo, L. J. G. (2004). *Sujetos y paradigmas tecnológicos: la tractorización del campo mexicano. Un escenario de conflictos desde Juchitepec, Estado de México*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Ocampo, L. J. G., & Palacios, R. M. I. (2014). *Los diseñadores nacionales de tecnología agrícola*. Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Olmstead, A. L., & Rhode, P. W. (2001). Reshaping the landscape: the impact and diffusion of the tractor in American agriculture, 1910-1960. *The Journal of Economic History*, 61(3), 663–698.
- Palacios, R. M. I. (2009). *Comportamiento y formas de organización de la maquila agrícola en una región de agricultura altamente tecnificada*. Colegio de Posgraduados.
- Palacios, R. M. I., & Ocampo, L. J. G. (2012). Los tractores agrícolas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp.*(4), 812–824.
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. In *Revista de la CEPAL* (pp. 115–136).

- Pérez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185–202. <http://doi.org/10.1093/cje/bep051>
- Picabea, F., & Thomas, H. (2011). Análisis sociotécnico del proyecto de producción automotriz local integrada en la segunda presidencia peronista (1952-1955). *Realidad Económica*, (261), 29–57.
- Pingali, P. (2007). Agricultural mechanization: adoption patterns and economic impact. *Handbook of Agricultural Economics*, 3, 2779–2805. [http://doi.org/10.1016/S1574-0072\(06\)03054-4](http://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4)
- Salinas, R. (1990). El campo mexicano ante el reto de la modernización. *Comercio Exterior*, 40(9), 816–829.
- SARH. (1982). *Apuntes para el curso de administración de maquinaria agrícola. Archivo General de la Nación.*
- SARH. (1984). *Programa nacional de tractores agrícolas y sus implementos 1985-1988. Archivo General de la Nación.*
- Thomas, H. (2005). Estructura cerradas vs procesos dinámicos: trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico.
- Thomas, H. (2009). Tecnologías para la inclusión social y políticas públicas en América Latina. *Grupo de Estudios Sociales de La Tecnología y La Innovación*, 1–32.
- Thomas, H. (2010). Los estudios sociales de la tecnología en América Latina. *Social Studies of Technology in Latin America*, 5(37), 35–53.
- Thomas, H., & Gianella, C. (2006). Trayectorias de aprendizaje y dinámicas de resolución de problemas en instituciones latinoamericanas de generación y transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos. *Espacios*, 27(2). Retrieved from <http://www.revistaespacios.com/a06v27n02>
- Valluis, B. (1974). La agricultura de México y la dominación norteamericana. *Investigación Económica*, 33(129), 101–121.
- Vargas, C. J. M. (2016). *Cambio tecnológico e innovación en agricultura protegida en Hidalgo, México.*
- Vargas, C. J. M., Palacios, R. M. I., Aguilar, Á. J., Ocampo, L. J. G., Kreimer, P., & Ortiz, M. G. (2018). Innovación tecnológica en un caso de agricultura protegida en México. *Revista de Geografía Agrícola*, 61, en prensa.
- Velázquez, M. A. (1990). La Fundación Rockefeller y la investigación agrícola en América Latina. *Comercio Exterior*, 40(10), 968–975.
- Wikia. (2016). Bull Tractor Company. Retrieved November 25, 2016, from http://www.tractors.wikia.com/wiki/Bull_Tractor_Company
- Wionczek, M. S. (1982). La aportación de la política hidráulica entre 1925 y 1970 a la actual crisis agrícola mexicana. *Comercio Exterior*, 32(4), 394–409.

CAPÍTULO 5. MERCADO MEXICANO DE TRACTORES AGRÍCOLAS

MEXICAN MARKET OF AGRICULTURAL TRACTORS

5.1. Resumen

La presente contribución tuvo como objetivo analizar una parte de la estructura y dinámica del mercado mexicano de tractores agrícolas con el fin de conocer su tendencia y situación actual. Se analizó desde la demanda y oferta. Se encontró que apartir de 1995 el mercado incremento sus ventas anuales así como se produjo un mayor número de modelos. El mercado se concentró en sólo tres empresas: JD, NH y MF. Junto con las demás empresas, tienen 600 puntos de venta. A manera de conclusión, si la tendencia y dinamica actual del mercado sigue como en la actualidad, las empresas de tractores seguiran asentadas en México, produciendo principalmente para el mercado extranjero; además, el retiro paulatino de los apoyos del gobierno para la adquisición de tractores traera como consecuencia el fortalecimiento de la maquila agrícola y el mercado de tractores usados.

Palabras clave: Mecanización agrícola, Industria de tractores, tractorización en México.

5.2. Abstract

The objective of this contribution was to analyze a part of the structure and dynamics of the Mexican market of agricultural tractors in order to know their trend and current situation. It was analyzed from the demand and supply. It was found that since 1995 the market increased its annual sales as well as a greater number of models. This was concentrated in only three companies: JD, NH and MF; and together with the others, there are 600 points of sale. By way of conclusion, if the current trend and dynamics of the market continues as it is today, the tractor companies will continue to be based in Mexico, producing mainly for the foreign market; In addition, the gradual withdrawal of government support for the purchase of tractors will result in the strengthening of the agricultural maquila and the market of used tractors.

Key words: Agricultural mechanization, Tractor industry, Tractorization in Mexico.

5.3. Introducción

El gran auge que vivió la agricultura mexicana a partir de mediados del siglo pasado, se debió, principalmente, a la incorporación de los paquetes tecnológicos (semilla híbrida, fertilizantes, irrigación, agroquímicos y maquinaria) en la producción agrícola; uno de los componentes de éstos que sobresale son los tractores y sus implementos. Cada componente de la tecnología propuesta representó un entorno industrial y tecnológico bien desarrollado. En este sentido, una de las industrias que reportó una mayor consolidación y penetración económica en los países donde se expandió este modelo tecnológico, son las empresas productoras de maquinaria agrícola, siendo el tractor, dentro de la oferta mercantil que promovió, el artefacto que mejor representa la visión de modernidad impulsada por estos corporativos. Lo anterior, pudo observarse en el incremento de los rendimientos de los principales cultivos agroindustriales, tal es el caso del maíz, trigo, sorgo y algodón (Hewitt, 1978).

Pese a que el uso del tractor agrícola en México se inició a principios de 1917 con las primeras importaciones de éstos en territorio nacional, la presencia de las empresas ensambladoras de maquinaria agrícola tiene sus orígenes a finales de la década de 1960, una vez que éstas se establecieron en territorio nacional. El predominio de las empresas de capital inglés y norteamericano fue indiscutible, siendo la John Deere (JD) y la International Harvester (IH) en ser las primeras en ingresar al mercado mexicano en 1967; un año después, se inauguraron las instalaciones de la Ford Motor Company (Ford) en Ciudad Sahagún, Hidalgo y las de Massey Ferguson (MF) en el estado de Querétaro (Cepeda & Gitli, 1985).

La presencia de estas empresas favoreció el desarrollo de una agricultura orientada al dinamizar el mercado interno de productos agrícolas; en las regiones de agricultura altamente tecnificada, en especial aquellas ubicadas en el norte del país y el Bajío, los niveles de eficiencia productiva generada por la entrada de los tractores (enlazado al paquete tecnológico) a las parcelas fortaleció la generación de cadenas agroindustriales y la conformación de un modelo de integración vertical agricultura-industria. Esta situación se reafirmó hacia

principios de 1980, siendo las empresas Ford (34%) y MF (33%) las que encabezaron la producción nacional de maquinaria agrícola, en especial la de los implementos y el ensamblado de tractores (Linck, 1985). 30 años después la JD se pondría al frente en la producción y comercialización de tractores, controlando el 38% del mercado nacional, seguida por la MF con el 27% de las ventas y la New Holland (antes Ford) con una participación del 26% (Ayala, Audelo, & Aragón, 2011).

Lo anterior ha dado como resultado la conformación de un mercado de tipo oligopólico, cuya base se sustenta en el control de las patentes, la presencia predominante de sólo seis empresas oferentes (todas éstas integradas a corporativos transnacionales), y la instrumentación de una tecnología altamente diversificada orientada a generar ventas ante una demanda fuertemente segmentada.

En el mercado de tractores no sólo la industria juega un papel importante en su desarrollo, sino también es necesario la creación de una red eficiente de distribuidores que vincule a la empresa con los productores (Cepeda & Gitli, 1985); además de la alineación de una estructura de mercado co-vinculada que integre, en el escenario regional o local, refaccionarias y talleres mecánicos especializados (Diao, Cossar, Houssou, & Kolavalli, 2014; Houssou et al., 2013). Todos esos factores son igualmente importantes para garantizar la expansión de la frontera de ventas de la maquinaria agrícola en el ámbito nacional. Prueba de lo anterior, es que para 2010 existían cerca de 500 puntos de venta (Ayala, Audelo, & Aragón, 2011), siete años después éstos se habían incrementado un 20%, para llegar en la actualidad a más de 600 puntos. Esta situación refuerza el predominio en México de las empresas transnacionales en la producción de maquinaria agrícola al incluir solamente empresas de ese tipo como la JD, New Holland (NH), MF, Case Internacional Harvester (CIH), McCormick (McC) y Kubota.

En México, entre los trabajos que destacan que se han realizado en torno al estudio del mercado del tractor agrícola. Entre éstos destacan los realizados por

Ayala, Audelo, & Aragón (2011) donde analizan la situación actual de la maquinaria en México y las perspectivas de mercado de maquinaria agrícola certificada. Otro trabajo de Ayala, Cortés, Larqué, Sangerman-Jarquín y Garay (2012) es el que realizaron en la parte noroeste del Estado de México, los cuales determinan la situación de la mecanización agrícola, principalmente los tractores, y abordan parte de la situación del mercado de maquinaria agrícola e implementos en esas regiones que son básicamente cerealeras. Sánchez et al. (2014) hicieron un diagnóstico de la maquinaria agrícola para los municipios de Texcoco y Amecameca en el oriente del Estado de México, donde abordaron cuestiones de mercado como marcas de tractores y tipo de maquinaria.

Cepeda y Gitli (1985) analizaron la situación del mercado de tractores en los años setentas y ochentas, el cual era controlado por las principales empresas productoras de capital extranjero y la viabilidad del tractor T-25 de tecnología rusa en la agricultura de México. Posteriormente, Morales y Martínez (1998) estudiaron la demanda de tractores agrícolas de México a través de los modelos de Sistema de Demanda Casi Ideal según el índice de precios "Stone" o el de "Divisas".

Sin embargo, lo anterior no ha sido suficiente y el desconocimiento de las condiciones en las que opera el mercado de tractores agrícolas en México, ha llevado a que tanto productores, empresas y gobierno no lleguen a tomar decisiones adecuadas para impulsar y eficientizar los procesos de mecanización agrícola. Así, esta contribución tuvo como objetivo analizar una parte de la estructura y dinámica del mercado mexicano de tractores agrícolas con el fin de establecer su tendencia y situación actual. Lo anterior implica estudiar los factores que limitan el funcionamiento del mercado, tales como el abastecimiento (producción interna e importaciones), el consumo aparente nacional, el parque de tractores y su depreciación, la oferta (empresas productoras, red de distribuidores, características de las unidades), su precio y exportaciones.

5.4. Metodología

Un mercado consta de compradores y vendedores, el cual puede ser un lugar físico o no. Cuando los precios no pueden ser manipulados por alguna de las partes, se tienen un mercado competitivo. Así, en un mercado, la oferta y demanda se rigen por el precio, cuando este último es manipulado surgen los mercados imperfectos o distorsiones de mercado (Parkin & Loría, 2010). La oferta y demanda se conforman de una serie de variables, las cuales delimitan su comportamiento en los mercados. Así, se analizaron las principales variables que delimitan el mercado de tractores como la demanda, oferta, producto (modelos de tractores ofertados en el 2017), precio del 2015, producción nacional, importaciones, exportaciones y parque de tractores existente durante el periodo de 1990 a 2017. Para tal efecto se utilizaron métodos cuantitativos y cualitativos de manera explicativa.

5.4.1. Datos y métodos de cálculo

Se analizaron las series de datos según registros del INEGI (2018a) en el Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos de 1990 a 2016, en cuanto a las exportaciones e importaciones. La producción y stock de tractores en México se consultó y estimó a partir de los censos económicos y agropecuarios del INEGI para el mismo periodo. Para determinar el consumo nacional de tractores se utilizó la siguiente ecuación:

$$CN_i = P_i + I_i - X_i$$

Donde, CN_i es el consumo nacional de tractores en el año i ; P_i es la producción de tractores en el territorio nacional en el año i ; I_i son las importaciones de tractores realizadas en el año i ; y, X_i son las exportaciones de tractores en el año i . Para el caso de los tractores que salen de parque de tractores debido a su depreciación, se calculó de acuerdo a lo siguiente:

$$D_i = CN_i + D_i$$

Donde, D_i son los tractores que se deprecian en el año i ; CN_i es el consumo nacional de tractores en el año i ; y, D_i es el decremento del parque de tractores en el i reportado por el INEGI de 1991 a 2007. Las empresas consideradas para este estudio fueron aquellas con mayor presencia en el mercado mexicano de tractores: JD, NH, MF, McC, CIH y Kubota (Ayala, Audelo, y Aragón, 2011). De estas empresas se analizó su red de distribuidores, productos ofertados y los precios registrados en el 2015. Los datos se obtuvieron de sus páginas web.

Para analizarlos, los tractores se agruparon de acuerdo con su potencia, tomando la clasificación utilizada en el Censo Agropecuario y Forestal del 2007 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación de los tractores de acuerdo a su potencia

Categoría	Tipo	Potencia
I	Pequeños	Hasta 60 hp
II	Medianos	61 a 85 hp
III	Grandes	86 a 145 hp
IV	Especiales	Mayores a 145 hp

Fuente: elaboración propia con información de INEGI (2018b).

El análisis de los distribuidores de maquinaria agrícola se utilizó el análisis de redes sociales, teniendo como actor principal las empresas distribuidoras en los estados del país. Se asignaron claves a los distribuidores junto con sus puntos de venta en los estados. Posteriormente, se procesó en el programa Ucinet®, con lo que se obtuvo el gráfico. Por último, se exportó al programa Gephi® para editar el gráfico. Las series de tiempo, características del producto y precio se analizaron, procesaron y graficaron en Excel® y SAS®.

5.5. Resultados y discusión

5.5.1. Consumo nacional de tractores

El consumo nacional de tractores se toma como la demanda potencial. En la Figura 9 se muestra el consumo nacional de tractores durante el período 1991-2016, en dicho período, el consumo asciende anualmente en 13 mil unidades en promedio. En esta misma figura, se observan dos tendencias ascendentes. La

primera de 1991 a 1999 y, la segunda, de 2005 a 2016, además se observa un periodo descendente entre 2000 y 2004. A partir del 2005 la producción nacional empieza a ser mayor que el consumo nacional. De igual manera, a partir de este año las exportaciones son mayores que las importaciones, producto de una mayor producción nacional, ya que durante el periodo analizado ésta se cuadruplicó.

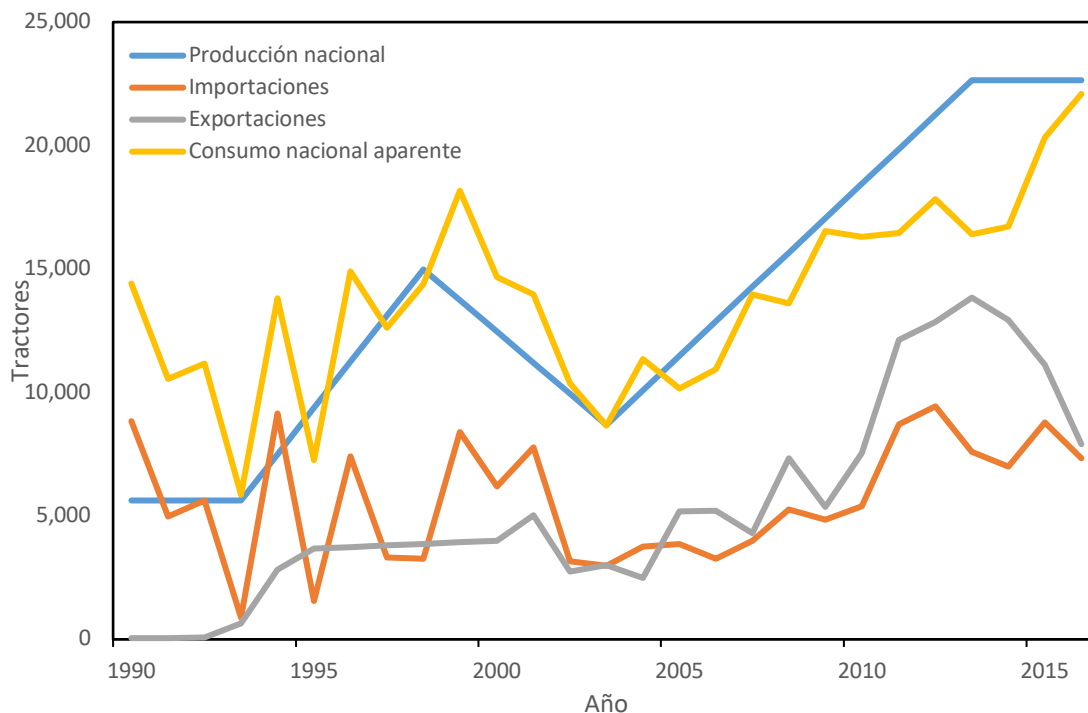


Figura 9. Consumo nacional de tractores agrícolas en México, 1990-2016
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2018a)

En el periodo donde se observa un decremento y lento consumo se debió a una serie de factores como incremento de los precios de los tractores, los cuales dificultaron la adquisición de éstos por parte de los productores; un stock de tractores técnicamente cercano al óptimo, el consumo nacional de años anteriores, pérdida de liquidez de los productores, una baja de los ingresos reales de la producción agrícola (Unakitan & Akdemir, 2007), aumento en el costo del uso de animales de tiro (Singh, 2006), la disponibilidad de créditos y sus tasas de interés (Silva & Vian, 2017). En contraste, el incremento en el consumo nacional de tractores se debió a una serie de factores que fomentaron un mayor

volumen de ventas como la revalorización de los cultivos intensivos en maquinaria (principalmente cereales), un mayor número de subsidios y un mercado con más empresas participantes.

El mercado mexicano tiende a demandar tractores de mayor potencia (Morales & Martínez, 1998), prueba de ello es que de los 238 mil tractores existentes en el 2007, 83% eran de potencia tipo medianos, grandes y especiales. Esta tendencia, de adquirir tractores de mayor potencia puede verse en otros países, como en el mercado brasileño (Estrada, Schlosser, Farias, Martini, & Santos, 2016), chileno (Hetz, Huerta, Villar, & López, 1998) y español (Arias, 2002). Lo anterior llega a afectar al consumo, ya que los tractores con mayor potencia tienen la capacidad de trabajar más superficie agrícola.

5.5.2. El parque de tractores y su depreciación

En el Cuadro 5 se muestran las unidades vendidas, las cuales que asciende en promedio a 12 mil tractores anuales, cifra casi parecida a la reportada por Ocampo & Palacios (2003) quienes estiman ventas promedio entre 10 y 11 mil tractores anuales. De igual manera, las casi 17 mil unidades anuales obsoletas que salen del parque nacional de tractores, coincide con el mercado potencial de tractores estimado por Flores, Schwentesius y Márquez (2008), el cual asciende entre 15 y 18 mil tractores.

Cuadro 5. Parque de tractores, ventas y unidades obsoletas, 1991-2007

Año	Parque de tractores		Unidades 1991-2007		Promedio anual de:	
	Número	Decremento	Vendidas	Obsoletas	Ventas	Obsoletas
1991	317,313					
2007	238,248	79,065	192,225	271,290	12,014	16,956

Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (1991, 2018b, 2018a).

Uno de los factores que contribuyeron a las altas tasas de obsolescencia de tractores que se presentan a partir de 1991, fue que entre 1960 y 1991 se tuvieron las mayores tasas de crecimiento en el parque de tractores (Palacios & Ocampo, 2012), ya que hasta la década de 1980, las ventas de tractores oscilaban casi en las 20 mil unidades anuales (Cepeda & Gitli, 1985). Posteriormente, en la década

de 1990 las ventas oscilaron entre las 10 mil unidades anuales, pero con tendencia a adquirir tractores de mayor potencia.

De igual manera se observa que los tractores desechados, ya sea por el fin de su vida útil o por problemas técnicos, son mayores a las unidades incorporadas al parque de tractores. Lo anterior, podría implicar un problema por el decremento del parque de tractores en la producción agrícola, sin embargo gracias a que los nuevos tractores son de mayor capacidad esto no ha sido así, y se demuestra en lo reportado por el SIAP (2017), en el 2016, las 16 millones de hectáreas agrícolas susceptibles a mecanizarse utilizaron maquinaria agrícola.

Si la tendencia actual de obsolescencia continua constante en 16,956 anuales en promedio hasta el 2016, y de acuerdo con el consumo nacional registrado de 156,240 tractores para el periodo del 2008 al 2016, en el 2017 el parque de tractores ascendió a 242 mil unidades, lo que rompería la tendencia a la baja que se registró de 1991 a 2007.

5.5.3. Oferta de tractores agrícolas

En la actualidad, seis empresas dominan el mercado mexicano de tractores, de las cuales la JD, MF y NH controlan el 91% (Ayala, Audelo, & Aragón, 2011), y con excepción de Kubota que importa el 100% de la maquinaria que comercializa, la JD, NH, CIH, MF y McC cuentan con plantas armadoras en el territorio nacional. En el 2014, estas empresas registraron una producción de 22,645 unidades, de las cuales el 72% eran tractores entre 30 y 80 hp (INEGI, 2017b). Este porcentaje aumentó, ya que de las 8,684 unidades que se produjeron en el 2004, el 63% estaban entre este caballaje (INEGI, 2017a).

Las plantas de estas empresas están instaladas principalmente en el centro del país, McC se encuentra en el estado de Guanajuato; en Querétaro están instaladas MF, CIH y NH, estas dos últimas comparten instalaciones por pertenecer al mismo grupo industrial Case New Holland (CNH); JD se encuentra en el Nuevo León, y recientemente Mahindra instaló una planta armadora en el 2017 en Aguascalientes. La participación de capital mexicano en la industria de

maquinaria agrícola es nula, ya que las empresas dominantes son de capital extranjero, principalmente norteamericano.

El comercio exterior de tractores juega un papel importante en la oferta ya que hasta el 2005, las importaciones de tractores fueron fundamentales para abastecer el mercado interno. Además, en el periodo analizado las importaciones se han mantenido constantes con algunos altibajos, y las exportaciones han mostrado una tendencia claramente al alza. Éstas últimas han registrado un fuerte crecimiento a partir de 2009. En el 2014 se registró un valor de la producción de poco más de los 500 millones de dólares (mdd) y un consumo nacional de 198 mdd.

5.5.4. La red de distribuidores

El éxito de la industria de tractores en cualquier país se basa en la red de concesionarios que llegan a desarrollar las diferentes empresas (Cepeda & Gitli, 1985). En México, los tractores producidos e importados son distribuidos y vendidos a través de una gran red de concesionarios y distribuidores (Figura 2). En el 2017, se contaba con 600 puntos de venta, 100 más de las existentes en el 2010 (Ayala, Audelo, & Aragón, 2011), siendo la NH la que contaba con el mayor número de éstos, con el 28% del total nacional, le seguía JD (27%), CIH (18%), MF (16%), Kubota (6%) y McC (5%). El 45% de las concesionarias se encuentran en el centro del país, con una presencia atípica de la NH y CIH en estas regiones con 144 puntos de venta, de los cuales el mayor número se encuentran en el estado de Puebla. Igualmente, JD tiene una gran presencia en el noreste con casi el 50% de las agencias.

De igual manera, se puede observar en la Figura 10 la ubicación los distribuidores, las cuales se aglomeran de acuerdo a la región, encontrándose desarticulada la región sur. Las concesionarias cuentan con una presencia estratégica, distribuidos de acuerdo con la importancia de la agricultura en las diferentes regiones del país. De esta manera, en las regiones norte y centro, donde están las regiones agrícolas más importantes e intensivas en maquinaria,

hay una mayor presencia de distribuidoras, en comparación con las regiones del sur, donde la agricultura es menos intensiva y las condiciones edafoclimatológicas restringen el uso extensivo del tractor.

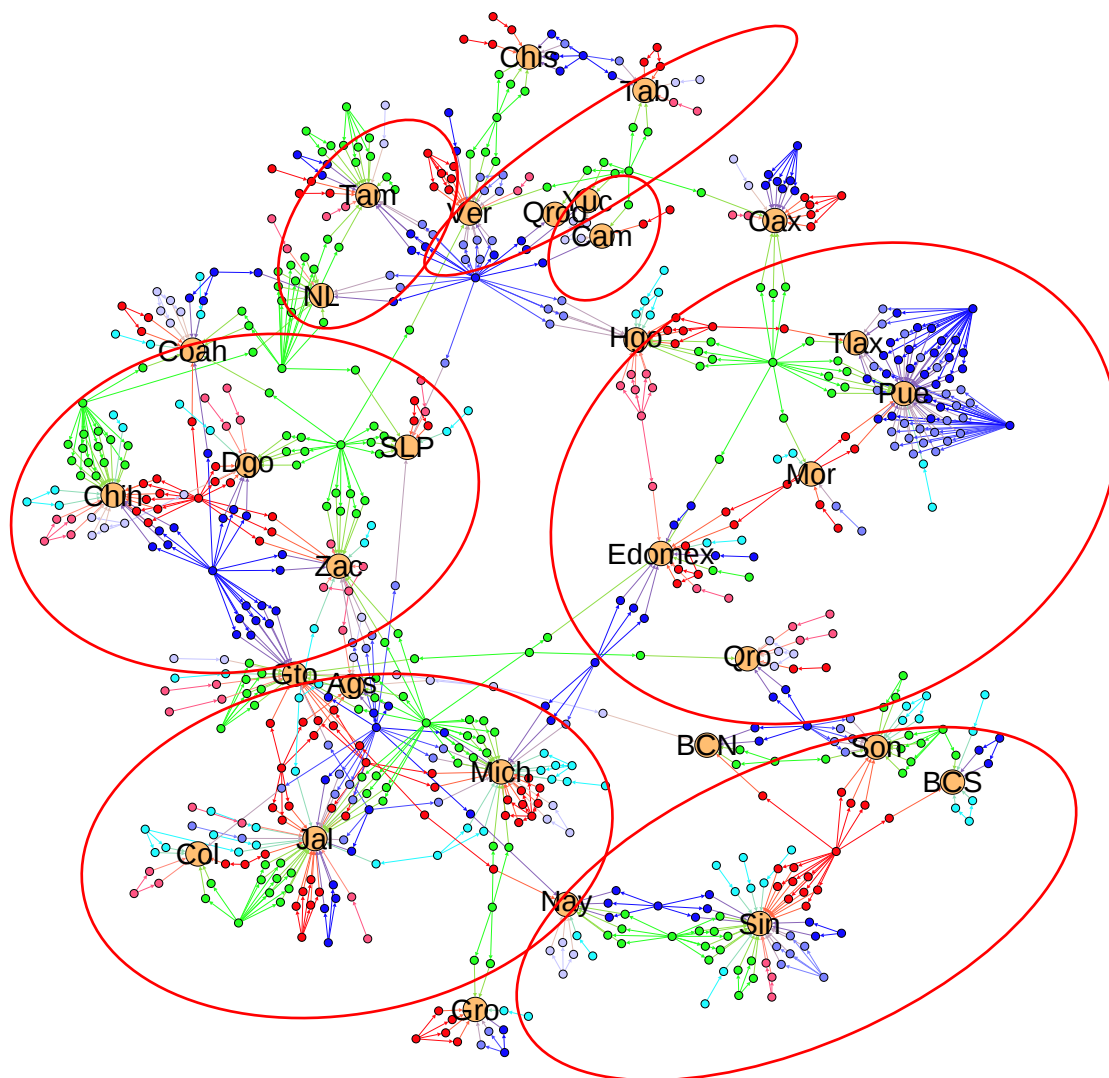


Figura 10. Red nacional de distribuidores de tractores en el 2017
Fuente: Elaboración propia con información de las paginas Web de las empresas

5.5.5. Tractores ofertados en México

En el 2017, la oferta de tractores en México fue de 271 modelos (Cuadro 6), los cuales se adaptan a las condiciones de los sistemas de producción actuales. Esta gran variedad de modelos no fue siempre así. A mediados de los setentas se comercializaban escasamente 17 modelos diferentes y para principios de los

ochentas se redujeron aún más a 12 modelos (Cepeda & Gitli, 1985). La mayoría de los modelos ofertados son de tipo mediano, con el 45% del total y los tractores con el menor número de modelos ofertados son los pequeños con apenas el 10%. La empresa JD es la que tiene el mayor número de modelos con 89, en contraste con los 11 modelos importados de Kubota ya que no cuenta con plantas armadoras en el territorio nacional. Cabe mencionar que la JD tiene más de 50 años comercializando y armando tractores en México, de ahí también su amplia oferta.

Cuadro 6. Número de modelos por tipo de los tractores ofertados (2017)

Tipo	JD	NH	CIH	MF	McC	Kubota	%
Pequeño	5	7	0	6	5	4	10
Mediano	22	10	5	12	12	2	23
Grande	33	17	36	22	8	5	45
Especial	29	9	14	6	2	0	22

Fuente: Elaboración propia con información de las páginas web de las empresas

Tres empresas ofertan tractores menores a 30 hp, pero solamente Kubota es considerada como la empresa especializada en ofertar tractores de baja potencia (Cuadro 4). CIH es la que en promedio oferta los tractores de mayor potencia, siendo ésta junto con la JD las que llegan a comercializar tractores mayores a 500 hp de potencia.

Cuadro 7. Potencia de los tractores por empresa

Empresa	Número de modelos	Promedio	Máximo	Mínimo
		hp		
Kubota	11	70	108	23
McC	27	85	225	24
MF	46	113	370	43
NH	43	120	340	27
JD	89	163	570	35
CASE IH	55	167	608	75
Total general	271	137	608	23

Fuente: Elaboración propia con información de las páginas web de las empresas

Las principales características de los tractores agrícolas ofertados en México se observan en el Cuadro 8. Se encontró que la diferencia en la potencia promedio

entre los tractores pequeños y especiales es de 250 hp. El 44% cumplen con algunas de las especificaciones técnicas planteadas en las normas mexicanas NMX-O-169-SCFI-2002; NMX-O-181-SCFI-2003; NMX-O-203-SCFI-2004 y NMX-O-207-SCFI-2004, las cuales son verificadas por el OCIMA, siendo los tractores de tipo medianos y grandes con el mayor número de modelos certificados. Dichas certificaciones son importantes para ser susceptibles de apoyos gubernamentales para su adquisición (Ayala, Audelo, & Aragón, 2011) . Los tractores de tipo especial tienen como característica principal que cuentan con cabina. Igualmente se observa que a medida que aumenta la potencia de los tractores, el tipo de tracción pasa de 2WD a 4WD a Cat; lo mismo sucede para el número de cilindros.

Cuadro 8. Principales características de los tractores ofertados por categoría

Categoría	Potencia promedio (hp)	Certificado		Cabina		Tracción			Cilindraje		
		Si	No	Si	No	2WD	4WD	Cat	3	4	6
Pequeños	45	11	16	4	23	14	13	0	17	10	0
Medianos	77	34	29	11	52	34	29	0	11	52	0
Grandes	111	71	50	51	70	54	66	1	0	97	24
Especiales	295	2	58	58	2	6	48	6	0	4	56
Suma		118	153	124	147	108	156	7	28	163	80

Fuente: Elaboración propia con información de las páginas web de las empresas

Tanto el número de modelos como sus características de los tractores ofertados en el pasado difieren de los de hoy en día, A mediados de los años setentas el 90% de los tractores contaban con una potencia promedio que oscilaba entre los 50 y 75 hp, en los ochentas los tractores con este caballaje se ofertaron en menor cantidad representando el 15%. En el mismo periodo, los tractores mayores a 75 hp aumentaron del 0.5 a 21% (Cepeda & Gitli, 1985). Esta tendencia de ofertar tractores de mayor potencia siguió. Para el 2007 el 47% del parque era mayor a 85 hp (INEGI, 2018b), y para el 2017 el 67% de los tractores ofertados en México eran mayores a esa potencia. Esta tendencia fue reportada por Morales y Martínez (1998), lo que lleva a confirmar la preferencia de los consumidores por este tipo de tractores.

5.5.6. Valor de mercado de tractores

En el Cuadro 9 se presenta el valor de mercado de los tractores agrícolas en México reportados por la SAGARPA en el 2015. Para este caso en dólares (con una tasa de cambio de 14.84 pesos por dólar, fecha de consulta: 31 de enero de 2015). Tenemos que, la JD tiene el menor precio promedio de los tractores de tipo pequeños y especiales, y la MF los tiene para los medianos y grandes. NH y CIH, ambos del grupo industrial CNH, tienen los mayores precios de los tractores para todos los tipos. Igualmente se observa que los modelos de tipo mediano, tienen la menor varianza de precios entre las diferentes empresas.

Cuadro 9. Precio promedio en dólares de los tractores por empresa y tipo en 2015

Empresa	Tipo			
	Pequeños	Medianos	Grandes	Especiales
MF	25,337	29,349	39,953	nd
McC	27,719	30,089	40,540	nd
NW	30,189	31,617	58,292	150,054
JD	21,429	30,691	56,428	101,507
CIH	nd	34,199	57,181	187,213
Precio promedio	25,219	30,212	52,686	162,552

Fuente: Elaboración propia con información de la SAGARPA.

Los precios de los tractores han variado a través del tiempo, en la década de 1980 tuvieron un gran incremento en su precio, de acuerdo con Calva (1988) y Ocampo (2004). En 1982 un tractor de potencia media se podía adquirir con el ingreso de 85 toneladas de maíz o 43 toneladas de frijol, seis años después (1988) se requerían 152 y 71 toneladas respectivamente. Poco más de 25 años después, el precio de un tractor del mismo tipo sigue siendo similar, ya que para adquirir una unidad de potencia media se necesitaban los ingresos de 145 toneladas de maíz y de frijol solamente 51. Si bien es cierto que para adquirir un tractor se requieren casi las mismas toneladas de maíz que hace 27 años. Lo anterior no sucede lo mismo con la superficie requerida con el cultivo de maíz, ya que en el 2015 solamente se requirió el 36 y 57% de la superficie necesaria en 1988 de riego y temporal, respectivamente. esto se debió principalmente al aumento en el uso de mejores tecnologías como: semillas híbridas, fertilizantes y

pesticidas, lo que produjo un aumento en los rendimientos. Además, la tecnología con la que contaba un tractor hace 27 años es inferior a la actual.

5.6. Conclusiones

Si la tendencia del mercado de tractores agrícolas sigue evolucionando como hasta la actualidad, las empresas productoras de tractores seguirán establecidas en México, inclusive se asentarán más plantas armadoras, como recientemente lo hizo Mahindra. La producción nacional de tractores seguirá en aumento, al igual que las exportaciones, aprovechando los tratados de libre comercio que tiene México con un gran número de países, principalmente Estados Unidos de América.

De igual manera, si sigue el retiro paulatino de los apoyos del gobierno para la adquisición de maquinaria como se ha visto en los últimos años, las ventas se podrán estancar, ya que los subsidios han jugado un papel fundamental en la demanda de los tractores. Lo anterior, dará como resultado un fortalecimiento de los mercados agrícolas de servicios multi-prediales de maquinaria, conocido en México como maquila agrícola, a manera de estrategia de los mismos productores para acceder a los servicios de mecanización en sus unidades de producción. Igualmente, se dinamizará el mercado de tractores usados, presente en la actualidad, pero acotado por no ser acreedores a los apoyos que el gobierno destina a la adquisición de tractores.

En la presente investigación se analiza el mercado de tractores agrícolas nuevos, dado la importancia del tema y el conocimiento empírico de la existencia del mercado de tractores usados, es importante que en futuras investigaciones se analice este mercado. Además, dada la limitación de la mayoría de los productores que no cuentan con las condiciones para adquirir un tractor, es interesante estudiar las estrategias que éstos utilizan para tener acceso a un tractor agrícola.

5.7. Literatura citada

- Arias, M. P. (2002). Análisis temporal de las ventas y estimación del valor residual de tractores en España. *Estudios Agrosociales y Pesqueros*, (192), 195–222.
- Ayala, A. V., Audelo, M. A., & Aragón, A. (2011). La situación del mercado de tractores en México, perspectivas y retos en la certificación. *Textual*, (58), 91–111.
- Ayala, G. A. V., Cortés, E. L., Larqué, S. B. S., Sangerman-Jarquín, D. M., & Garay, H. M. (2012). Situación de la mecanización del Estado de México: el caso de Teotihuacán, Tepotzotlán y Zumpango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (4), 838–846.
- Calva, J. L. (1988). *Crisis agrícola y alimentaria en México 1982-1988*.
- Cepeda, O., & Gitli, E. (1985). Producción de tractores y transferencia de tecnología en México: el T-25 de origen soviético. *Comercio Exterior*, 35(8), 799–805.
- Diao, X., Cossar, F., Houssou, N., & Kolavalli, S. (2014). Mechanization in Ghana: Emerging demand, and the search for alternative supply models. *Food Policy*, 48, 168–181. <http://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.05.013>
- Estrada, J. S., Schlosser, J. F., Farias, M. S., Martini, A. T., & Santos, G. O. (2016). Mass of agricultural tractors available in the brazilian market. *Ciência Rural*, 1390–1394.
- Flores, F., Schwentesius, R., & Márquez, S. (2008). Maquinaria Agrícola. Indicadores generales (2003-2005). In R. Schwentesius (Ed.), *Recursos naturales, insumos y servicios para el agro mexicano* (p. 135). Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Hetz, E., Huerta, A., Villar, S., & López, M. (1998). Evaluación económica de los tractores agrícolas comercializados en Chile. *Agro Sur*, 26(2), 33–43.
- Hewitt, de A. C. (1978). *La modernización de la agricultura mexicana, 1940-1970* (7ma ed.). México, D.F.: Siglo XXI.
- Houssou, N., Diao, X., Cossar, F., Kolavalli, S., Jimah, K., & Aboagye, P. O. (2013). Agricultural mechanization in Ghana: is specialized agricultural mechanization service provision a viable business model? *American Journal of Agricultural Economics*, 95(5), 1237–1244. <http://doi.org/10.1093/ajae/aat026>
- INEGI. (1991). *Censos Agrícola-Ganadero 1991. Censos agropecuarios*.
- INEGI. (2017a). Censo económico 2004. Retrieved May 6, 2017, from www.inegi.org.mx
- INEGI. (2017b). Censo económico 2014. Retrieved May 6, 2017, from www.inegi.org.mx
- INEGI. (2018a). Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos de 1990 a 2016. Retrieved June 25, 2018, from

<https://www.inegi.org.mx/app/publicaciones/>

- INEGI. (2018b). Censo Agropecuario, Ganadero y Forestal 2007. Retrieved February 3, 2018, from <http://www.inegi.org.mx>
- Linck, T. (1985). La mecanización de la agricultura de temporal. *Comercio Exterior*, 35(2), 150–160.
- Morales, C. N., & Martínez, D. M. A. (1998). El sistema de demanda casi ideal aplicado a tractores agrícolas en México. *Agrociencia*, 32(2), 157–163.
- Ocampo, J. G., & Palacios, M. I. (2003). *Tecnología y Conflicto: Historia de la tractorización en México*. Texcoco, México.
- Ocampo, L. J. G. (2004). *Sujetos y paradigmas tecnológicos: la tractorización del campo mexicano. Un escenario de conflictos desde Juchitepec, Estado de México*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Palacios, R. M. I., & Ocampo, L. J. G. (2012). Los tractores agrícolas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp.*(4), 812–824.
- Parkin, M., & Loría, D. E. (2010). *Macroeconomía* (9a ed.). México, D.F.: Pearson.
- SAGARPA. (2017). Precios de maquinaria agrícola 2015. Retrieved August 2, 2017, from www.sagarpa.gob.mx
- Sánchez, H. M. A., Ayala, G. A. V., Cervantes, O. R., Garay, H. M., De la O, O. M., Martínez, T. G., & Velázquez, L. N. (2014). Diagnóstico de la maquinaria agrícola en Amecameca y Texcoco, estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 11(4), 499–516.
- SIAP. (2017). Uso de maquinaria y equipo en la superficie sembrada por entidad federativa 2016. Retrieved October 2, 2017, from <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Silva, R. P. da, & Vian, C. E. de F. (2017). Avaliação ex-post de ato de concentração na indústria de máquinas agrícolas com o uso de séries temporais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 55(1), 157–178. <http://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550109>
- Singh, G. (2006). Estimation of a mechanisation index and its impact on production and economic factors—a case study in India. *Biosystems Engineering*, 93(1), 99–106. <http://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.08.003>
- Unakitan, G., & Akdemir, B. (2007). Tractor demand projection in Turkey. *Biosystems Engineering*, 97(1), 19–25. <http://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.01.011>

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES GENERALES

La tractorización agrícola en México se dio bajo el contexto de fomento a la modernización de la agricultura, a través de las diferentes políticas que se implementaron en torno a este proceso.

La difusión científica y tecnológica es particularmente característica, pues permite distinguir claramente los sentidos y alcances de la difusión. La difusión del tractor agrícola en México analizado desde el modelo logístico, permitió observar las diferentes trayectorias regionales que se dieron a través del tiempo, lo que evidenció las asimetrías existentes, principalmente entre las regiones del norte con las del sur. Esta difusión se ha dado continuamente con una duración de poco más de 80 años, de manera heterogénea en el ámbito nacional. Además, la velocidad la difusión es igualmente oscilatoria entre las regiones, afectado principalmente por las condiciones que imperan en éstas.

La trayectoria socio-técnica del tractor agrícola en México se vio delimitada por las condiciones propias de la agricultura mexicana, desarrollándose en cuatro etapas en casi 90 años. De igual manera las diferentes alianzas que se dieron entre el gobierno mexicano y las empresas trasnacionales productoras de tractores establecidas en territorio nacional, fomentaron activamente la difusión y adopción de esta propuesta. Siendo las empresas trasnacionales de tractores las que dictaban la agenda tecnológica del tractor que se introducía en la agricultura mexicana y el Estado tomó el papel de proveedor de subsidios en la adquisición de tractores y supervisores de la calidad.

La mayoría de las empresas de tractores presentes en el territorio nacional son de origen extranjera, las cuales comercializan los tractores en México. Esto ha dado como resultado una estructura de mercado oligopólica. Con lo anterior se ha complicado el desarrollo de una propuesta tecnológica específica que atienda

las condiciones de la mayoría de la agricultura mexicana. Si la tendencia del mercado de tractores agrícolas sigue evolucionando como hasta la actualidad, las empresas productoras de tractores seguirán establecidas en México. La producción nacional de tractores seguirá en aumento, al igual que las exportaciones, aprovechando los tratados de libre comercio que tiene México con un gran número de países, principalmente Estados Unidos de América.

Dada la importancia que tiene el tractor agrícola en la agricultura mexicana y la amplia extensión del tema, en la presente investigación contribuyo a llenar ciertos vacíos del conocimiento en torno al tractor agrícola. Se sugiere que en futuras investigaciones se estudie cuáles han sido las estrategias de adopción del tractor agrícola que han seguido los productores, y si la maquila agrícola contribuye a éstas. Además, es importante conocer las trayectorias tecnológicas del tractor agrícola en las regiones de México. Dado el conocimiento empírico de la existencia de un mercado de tractores usados, analizar si éstos compiten con el mercado de tractores nuevos o simplemente es una estrategia de parte de los productores para acceder a la mecanización.