UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES

"ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD Y DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DEL LIMÓN PERSA"

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES

Presenta:

Xani Paola Flores González

Bajo la supervisión de:

Dr. Ignacio Caamal Cauich

Chapingo, Estado de México, octubre de 2026

ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD Y DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DEL LIMÓN PERSA

Tesis realizada por **Xani Paola Flores González**, bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES

DIRECTOR:

DR. IGNACIO CAAMAL CAUICH

CODIRECTOR:

DRA. ZULIA HELENA CAAMAL PAT

ASESOR:

DR. JOSÉ ANTONIO ÁVILA DORANTES

ASESOR:

DRA. DIANA AMÉRICA REYNA IZAGUIRRE

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS vi
ÍNDICE DE FIGURAS vii
LISTA DE ABREVIATURAS viii
DEDICATORIAS ix
AGRADECIMIENTOS x
DATOS BIOGRÁFICOS xi
RESUMEN GENERAL xii
ABSTRACT xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL 1
1.1. Antecedentes 1
1.2. Problema de investigación 2
1.3. Justificación 3
1.4. Hipótesis 4
1.4.1. Hipótesis general 4
1.4.2. Hipótesis específicas 5
1.5. Objetivos 5
1.5.1. Objetivo general 5
1.5.2. Objetivos específicos 5
1.6. Estructura del documento 5
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA 7
2.1. Comercio internacional 7
2.2. Competitividad 7
2.3. Producción agrícola 8
2.3.1. Fundamentos teóricos de la producción agrícola 9
2.3.2. Factores de producción 9

2.4. Función de producción 10
2.4.1. Función Cobb-Douglas 10
2.4.2. Otras funciones de producción 11
2.5. Producción de cítricos 12
2.6. Modelo económico 13
2.6.1. Modelo de regresión simple 13
2.6.2. Modelo de regresión múltiple 14
2.6.3. Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios 14
2.6.4. Supuestos del Modelo de Regresión Lineal 15
CAPÍTULO 3. COMPETITIVIDAD Y ESPECIALIZACIÓN EXPORTADORA DEL LIMÓN PERSA MEXICANO EN EL MERCADO MUNDIAL 17
Resumen 17
Abstract 17
3.1. Introducción 18
3.2. Materiales y métodos 21
3.2.1. Información, variables e indicadores. 21
3.2.2. Procedimiento de cálculo 21
3.3. Resultados y discusión 26
3.3.1. Superficie cosechada 26
3.3.2. Rendimiento 27
3.3.3. Producción 28
3.3.4. Consumo Nacional Aparente (CNA) y Balanza comercial (BC) ... 30
3.3.5. Indicador de Balanza Comercial Relativa 31
3.3.6. Indicadores de competitividad de las exportaciones del limón persa 32
3.4. Conclusiones 34
3.5. Agradecimientos 35

3.6. Literatura citada 35
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ECONÓMICAS QUE DETERMINAN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN PERSA EN MÉXICO 39
Resumen 39
Abstract 39
4.1. Introducción 40
4.2. Materiales y Métodos 42
4.2.1. Definición de variables y fuentes de información 42
4.2.2. Formulación del modelo econométrico 42
4.2.3. Variables del modelo econométrico 43
4.2.4. Estimación del modelo econométrico 44
4.3. Resultados 44
4.3.1. Comportamiento de las variables explicativas del modelo econométrico de la producción de limón persa en México 44
4.3.2. Modelo econométrico estimado de la producción de limón persa en México 46
4.3.3. Elasticidades de la producción de limón persa en México 48
4.4. Discusión 48
4.4. Conclusiones 50
4.5. Agradecimientos 50
4.6. Literatura citada 50
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES 54
LITERATURA CITADA 55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables del modelo econométrico de producción de limón persa en México. 54
Cuadro 2. Resultados del modelo de regresión lineal múltiple estimado de la producción de limón persa en México.....55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de la superficie cosechada de limón persa en México por principales estados productores, 1999-2023 (ha). 35
Figura 2. Comportamiento del rendimiento de limón persa en México por principales estados productores, 1999-2023 (ton·ha-1)....36
Figura 3. Comportamiento de la producción de limón persa en México por principales estados productores, 1999-2023 (ton). 37
Figura 4. Comportamiento de la producción y el Consumo Nacional Aparente de limón persa en México, 2003-2023 (ton).....39
Figura 5. Balanza comercial de limón persa en México, 2003-2023 (ton). 40
Figura 6. Comportamiento de la balanza comercial relativa del limón persa en México, 2003-2023. 41
Figura 7. Comportamiento de indicadores de comercio del limón persa en México, 2003-2023. 42
Figura 8. Comportamiento del coeficiente de autosuficiencia alimentaria y el coeficiente de dependencia comercial del limón persa en México, 2003-2023. 43

LISTA DE ABREVIATURAS

Acrónimo	Significado
BC	Balanza Comercial
CAA	Coeficiente de Autosuficiencia Alimentaria
CAE	Coeficiente de Apertura de Exportación
CDC	Coeficiente de Dependencia Comercial
CE	Coeficiente de Exportación
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
COPELP	Consejo de Productores y Exportadores de Limón Persa A.C.
CNA	Consumo Nacional Aparente
FAOSTAT	Base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GE	Índice de Grado de Apertura Exportadora
GI	Coeficiente de Dependencia Comercial
IBCR	Indicador de Balanza Comercial Relativa
IT	Índice de Transabilidad
MCO	Mínimos Cuadrados Ordinarios
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SAS	Sistema de Análisis Estadístico
SECIHTI	Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación
SIACON	Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta
SIAVI	Sistema de Información Arancelaria Vía Internet
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SICVI	Sistema de Consulta de Comercio Exterior en México
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

DEDICATORIAS

A mis papás Paula y Gabriel, por su apoyo incondicional durante toda mi formación académica, por estar siempre preocupándose y cuidándome, por guiarme, por siempre estar y hacer lo mejor para mí. Gracias por creer y confiar en mí.

A mis hermanos Luis y Gaby, por su paciencia y contención, por hacerse presentes y cuidar de mí como buenos hermanos mayores. Gracias por su amor y guía. Los amo.

A mi compañero de vida, Eduardo, por tu paciencia, contención, amor y cariño, por ser siempre mi refugio, protección y mi sol. Tú que siempre me escuchas, me apoyas y estar. Te amo.

Y, por último, pero no menos importante, a mí misma, por no rendirte, por esforzarte y por demostrar que puedo lograr más.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por otorgarme el financiamiento que me permitió realizar mis estudios de maestría y desarrollar la presente investigación.

A la Universidad Autónoma Chapingo por ofrecerme la oportunidad y el apoyo necesario para realizar mis estudios de maestría.

A mi director de tesis el Dr. Ignacio Caamal Cauich, por brindarme sus conocimientos, paciencia, dedicación y esmero para que mi investigación resultara de la mejor manera.

Al Dra. Zulia Helena Caamal Pat, el Dr. José Antonio Ávila Dorantes y la Dra. Diana América Reyna Izaguirre por su apoyo y participación como asesores del presente trabajo.

DATOS BIOGRÁFICOS

Nombre: Xani Paola Flores González

Fecha de nacimiento: 5 de junio de 1999

Lugar de nacimiento: Texcoco, Estado de México

CURP: FOGX990605MMLCNN15

Profesión: Ingeniería Agroindustrial

Cédula profesional: 13699331

Desarrollo académico

Bachillerato: Preparatoria Agrícola - Universidad Autónoma Chapingo

Licenciatura: Ingeniera Agroindustrial-Universidad Autónoma Chapingo (2017-2022)

RESUMEN GENERAL

ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD Y DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DEL LIMÓN PERSA [1]

Resumen

El limón persa es un cítrico importante en la economía mexicana, que contribuye ampliamente en la captación de divisas, ya que se destina principalmente a la exportación, sin embargo, existen factores que influyen en la producción y cuya importancia hace necesario su estudio. El objetivo del trabajo fue analizar el comportamiento de la competitividad de la producción y comercio y de los factores determinantes de la producción del limón persa en México, mediante indicadores de competitividad y una función de producción, con el fin de comprender su dinámica productiva y su posicionamiento en el comercio exterior. Se analizó el comportamiento productivo y comercial del limón persa, mediante el uso de indicadores económicos. Además, se analizaron los factores que determinan los cambios en la producción de limón persa, empleando un modelo de regresión con series de tiempo por mínimos cuadrados ordinarios. Se encontró que la producción de limón persa se encuentra en constante crecimiento y que el país es capaz de generar excedentes orientados a la exportación sin comprometer su consumo interno. Por otra parte, se obtuvo un modelo sólido estructuralmente, donde se encontró que los factores determinantes en la producción son la superficie cosechada y la temperatura.

Palabras clave: producción, indicadores económicos, exportación, factores de producción

[1] Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Xani Paola Flores González

Director de Tesis: Dr. Ignacio Caamal Cauich

GENERAL ABSTRACT

ANALYSIS OF COMPETITIVENESS AND THE FACTORS DETERMINING THE PRODUCTION BEHAVIOR OF PERSIAN LIME[2]

Abstract

The Persian lime is an important citrus fruit in the Mexican economy, contributing significantly to foreign exchange earnings, as it is primarily intended for export; however, there are factors that influence production, which makes their study essential. The objective of this study was to analyze the competitiveness of Persian lime production and trade, as well as the factors determining its production in Mexico, using competitiveness indicators and a production function in order to understand its production dynamics and its position in foreign trade. The production and trade performance of Persian lime was analyzed using economic indicators. Additionally, the factors determining changes in Persian lime production were analyzed using an ordinary least squares time-series regression model. The results showed that Persian lime production is growing steadily and that the country is capable of generating export-oriented surpluses without compromising domestic consumption. Furthermore, a structurally sound model was obtained, revealing that the key determinants of production are harvested area and temperature.

Keywords: production, economic indicators, exports, factors of production

---

2 Thesis, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Xani Paola Flores González

Advisor: Dr. Ignacio Caamal Cauich

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Antecedentes

El sector agrícola desempeña un papel fundamental en la economía de México, no solo por su contribución al abastecimiento de alimentos, sino también por su participación en el comercio internacional. En este contexto, los cultivos cítricos han adquirido una relevancia creciente, particularmente el limón persa, cuya producción se orienta principalmente al mercado externo.

México se ha consolidado como uno de los principales productores y exportadores de limones y limas a nivel mundial, destacando así su participación en el comercio internacional. A nivel internacional, la información sobre este cultivo se reporta de manera agregada para limones y limas, por lo que el análisis se aborda bajo esta clasificación. A nivel mundial, la producción de limones y limas se concentra en un número reducido de países, entre los que destacan India, México y China, los cuales aportan un 40 % del total producido. En este contexto, México se posiciona como uno de los principales actores en la producción y exportación de estos cítricos, reflejando su relevancia en el mercado internacional (FAOSTAT, 2025).

En el ámbito nacional, la producción de estos cítricos se distribuye en diversas entidades federativas; sin embargo, se concentra en regiones específicas, de las cuales destacan Michoacán, Veracruz y Colima, las cuales concentran el 71 % de la producción total (SIACON, 2025).

En México se cultivan tres especies de limón, el amarillo o italiano (*Citrus lemon*) que representa apenas el 2 % del total nacional, el persa (*Citrus latifolia*) que representa el 31 % de la producción y el mexicano (*Citrus aurantifolia*) que ocupa el 68 % de la producción (Barrera et al., 2022); mientras que el limón mexicano se destina a la exportación de aceite esencial y pectina y para consumo nacional en fresco, el persa, se destina principalmente a la exportación en fresco (Schwentesius y Gómez, 2005).

En cuanto al limón persa, en México en 2023, se produjeron 1,623,784.81 toneladas de limón persa en 25 entidades federativas, entre las cuales destaca Veracruz, ya que con una producción de 864,713.50 toneladas abarca el 53 % de la producción total. A este estado le siguen, Oaxaca y Yucatán con una producción de 211,126.10 toneladas y 107,553.29 toneladas, respectivamente (SIACON, 2025).

La ventaja de cultivar el limón persa radica en que se produce durante todo el año, puesto que puede ser cosechado cada tres o cuatro semanas y en temporada de lluvias se obtienen mayores rendimientos por el aumento de volumen producción (Caamal et al., 2014; Schwentesius y Gómez., 2005).

En consecuencia, el limón persa destaca por su dinamismo productivo y comercial, debido principalmente a su orientación hacia los mercados internacionales. Este cultivo ha cobrado mayor fuerza dentro del sector citrícola nacional, manteniendo un crecimiento sostenido, lo que ha favorecido el incremento en la superficie cosechada y, por tanto, en los niveles de su producción (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2018).

Asimismo, la dinámica del comercio internacional ha influido en el comportamiento del mercado de los cítricos. En este sentido, el análisis de los factores que inciden en la producción resulta relevante para comprender el desempeño del cultivo y su participación en el mercado internacional.

1.2. Problema de investigación

En México, la producción y exportación del limón se han consolidado como una actividad relevante dentro del sector agrícola; sin embargo, existen diversos factores que limitan sus estabilidad y crecimiento. Por un lado, la estacionalidad del cultivo influye directamente en el comportamiento de las exportaciones, ya que el volumen de producción tiende a aumentar durante el último trimestre del año, mientras que en el periodo de enero a abril disminuye la exportación, reflejándose en una oferta irregular en los mercados externos (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2024); esta dinámica genera ingresos inestables para los productores.

Además, hay condiciones ambientales que afectan de manera significativa las principales regiones productores de limón persa del país, las cuales se concentran en número reducido de estados productores, lo que incrementa su vulnerabilidad ante alteraciones climáticas abruptas. En particular, las sequías prolongadas y temperaturas elevadas han generado un entorno desfavorable para el desarrollo del limón persa, impactando de forma negativa. De acuerdo con reportes recientes, estas condiciones han derivado en reducciones en la producción y rendimiento, reducción de la calidad y, en consecuencia, la disminución del volumen disponible para su exportación (COPELP, 2024; USDA, 2025).

En este sentido, a pesar de la importancia económica del limón persa y de su posicionamiento en el mercado internacional, existe una limitada comprensión integral sobre cómo los factores productivos, ambientales y económicos afectan su comportamiento productivo y comercial a nivel nacional, lo que dificulta la formulación de estrategias orientadas a fortaleces su desempeño y competitividad.

1.3. Justificación

Debido a que el limón persa puede ser cultivado durante todo el año, representa una fuente de empleo permanente para los productores y, en comparación con el limón mexicano o italiano, al destinarse principalmente a la exportación, contribuye a la captación de divisas para el país (Romero, 2017). En este sentido, el cultivo del limón persa no solo tiene relevancia productiva, sino también económica, al formar parte de las actividades agrícolas con mayor dinamismo en el comercio internacional.

A pesar de su importancia dentro del sector agrícola, la producción de limón persa enfrenta diversas limitantes, entre las que destacan la falta de apoyo gubernamental, el limitado acceso a financiamiento y asesoramiento tecnológico, así como la incidencia de plagas y enfermedades, las cuales repercuten directamente en los niveles de producción. Estas condiciones generan

variaciones en el desempeño productivo del cultivo, afectando su estabilidad y desarrollo.

En este contexto, resulta necesario profundizar en el análisis de los factores que inciden en la producción del limón persa en México, particularmente desde un enfoque económico que permita identificar la relación entre los distintos elementos que intervienen en el proceso productivo. El estudio de estos factores adquiere relevancia, ya que permite comprender de manera más precisa las condiciones bajo las cuales se desarrolla el cultivo y las limitaciones que enfrentan los productores.

Por lo anterior, la presente investigación tiene como propósito aportar evidencia sobre los factores que influyen en la variabilidad de la producción de limón persa en México, constituyéndose como una herramienta de apoyo para los productores, principalmente pequeños y medianos, al proporcionar información que les permita comprender los elementos que inciden en la producción y, con ello, contribuir a la toma de decisiones más informadas.

Asimismo, este estudio puede ser de utilidad para técnicos, organismos del sector agrícola e instituciones públicas, al ofrecer elementos que faciliten el diseño de programas de apoyo y políticas públicas orientadas a mejorar el desempeño productivo del cultivo. De igual manera, el análisis de la producción del limón persa contribuye al fortalecimiento del conocimiento en el ámbito académico, particularmente en el estudio económico de los sistemas productivos agrícolas.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- Los factores productivos y comerciales influyen significativamente en el comportamiento de la producción del limón persa en México y contribuyen a su competitividad en el mercado internacional.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El limón persa mexicano mantiene un nivel de competitividad favorable en el mercado internacional, reflejadas en el comportamiento de las exportaciones y en la participación de México dentro del comercio mundial de este producto.
- La cantidad producida de limón persa mexicano tiene una relación positiva con la superficie cosechada y el uso de fertilizantes, mientras que mantiene una relación negativa con la temperatura media.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Analizar el comportamiento productivo y comercial y los factores determinantes del limón persa en México, mediante indicadores de competitividad y una función de producción, con el fin de ofrecer/comprender dinámica productiva y su posicionamiento en el comercio exterior.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar de manera conjunta variables de producción y comercio e indicadores de desempeño comercial del limón persa en un mismo periodo de análisis, con el fin de ofrecer un panorama productivo y comercial a nivel nacional.
- Estimar una función de producción para el limón persa, con la finalidad de analizar la influencia de los principales factores productivos que determinan su nivel de producción en México.

1.6. Estructura del documento

El presente documento de investigación se compone de cinco capítulos. En el primer capítulo, la introducción general, se describe la problemática del limón persa en México, para dar un marco de referencia al planteamiento del problema estudiado, así como los objetivos y las hipótesis.

El capítulo dos abarca una revisión de literatura de los temas principales a tratar, que aborda los conceptos y fundamentos teóricos del comercio internacional y la competitividad agrícola; asimismo, se profundiza en la teoría de la función de producción aplicada al sector primario mediante.

En el capítulo tres se muestra un primer artículo científico referente al análisis de la producción, el desempeño comercial e indicadores de competitividad del limón persa en México.

El capítulo cuatro corresponde al artículo científico sobre un modelo de regresión lineal múltiple bajo los supuestos del método Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) en el periodo de 2002 a 2023.

Finalmente, el capítulo 5 conforma el apartado de las conclusiones generales.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se plantean conceptos, teorías y estudios relacionados con la producción, el comercio y la competitividad. El tema referente a comercio y competitividad se aborda desde un panorama conceptual. Por su parte, el tema de la producción del limón persa se aborda más profundamente, primero desde la teoría de producción y, posteriormente, se incorpora en método de mínimos cuadrados ordinarios y los supuestos bajos los que trabaja.

2.1. Comercio internacional

El comercio internacional se define como la actividad económica, mediante la cual un país intercambia bienes, capitales y servicios con el resto del mundo, en el marco de normas internacionales o acuerdos bilaterales (Pat-Fernández et al., 2017).

Este concepto se puede abordar desde diferentes enfoques, entre los que destacan la teoría clásica y la teoría neoclásica. En lo referente a la teoría clásica, se establece que un país puede ser más eficiente en la producción de un bien, pero menos eficiente en la producción de otro bien; no obstante, mediante el intercambio comercial, ambos países pueden beneficiarse del otro, aprovechando la eficiencia de producción en un bien. Por su parte, la teoría neoclásica plantea que los países deben especializarse en la producción de bienes que utilizan de manera más intensiva los factores de producción de los que disponen en mayor abundancia, ya que ello reduce costos de producción y permite su exportación (Pat-Fernández et al., 2017). En la práctica, para analizar el comercio es necesario considerar simultáneamente la producción interna y los flujos de exportación e importación, los cuales pueden reflejar tanto la capacidad productiva como la inserción comercial del sector agrícola.

2.2. Competitividad

La competitividad puede definirse como la capacidad de una industria para generar productos o bienes mediante el uso eficiente de los recursos, con el fin de atender las exigencias del mercado. En el ámbito nacional, este concepto se refiere a la capacidad de un país de producir bienes o servicios que cumplan con

los estándares y requerimientos del mercado internacional en condiciones de competencia libre y equitativa. Se trata de un enfoque sistemático que depende del desempeño articulado del sector privado, el gobierno y las instituciones (Santamaria y Gutiérrez, 2022).

En este contexto, la competitividad se vincula estrechamente con el desempeño comercial, particularmente con la capacidad de los productos para mantenerse o expandirse en los mercados externos. Para su evaluación se proponen diversos indicadores entre los cuales se encuentran; la balanza comercial relativa, que indica la participación de las exportaciones en el mercado, el indicador de transabilidad, junto con el grado de apertura exportadora y el grado de penetración de importaciones, indicador de especialización internacional y el indicador (Cital y Bonales., 2023)

Dentro de este ámbito comercial, las exportaciones se conciben como el conjunto de bienes y servicios enviados fuera del territorio nacional con propósitos comerciales, en otras palabras, es el transporte de bienes y/o servicios desde un territorio aduanero hacia otro territorio aduanero. Mientras que las importaciones, corresponden al ingreso de bienes y servicios al territorio nacional desde otro país; dicho de otra manera, puede ser cualquier producto o servicio enviado al país desde la frontera de un Estado con propósitos comerciales (Castaño, 2015).

2.3. Producción agrícola

La producción agrícola se entiende como el proceso mediante el cual se transforman insumos tales como tierra, trabajo y capital en bienes o productos agrícolas que se destinan al consumo humano, a la industria y al comercio. La producción agrícola es una actividad fundamental cuyo crecimiento depende de factores productivos primarios, los cuales son tierra trabajo y capital, y de otros factores considerados por las nuevas escuelas del crecimiento económico, como lo son la tecnología y la educación (Pérez-Fernández et al., 2018).

2.3.1. Fundamentos teóricos de la producción agrícola

La teoría de la producción es un componente esencial de la economía agrícola, ya que permite analizar cómo los productores utilizan los insumos disponibles para obtener el máximo rendimiento posible; esto parte de que los agricultores combinen los factores tierra, trabajo, capital y tecnología para generar un bien agrícola (Cancino et al., 2021).

Desde un enfoque microeconómico, esta teoría busca explicar la relación entre los factores productivos y el nivel de producción obtenido, con el fin de identificar las combinaciones que permiten maximizar la eficiencia y la rentabilidad. En el sector agrícola, esta relación se ve influida por diferentes factores, tales como los factores naturales, biológicos y económicos; lo que implica que la producción es un proceso condicionado por la gestión humana y por las características del entorno (Pérez-Fernández et al., 2018).

2.3.2. Factores de producción

Los factores de producción son aquellos insumos o recursos necesarios que son transformados para la creación de nuevos bienes. En la teoría económica clásica se identifican tres factores: tierra, trabajo y capital (Pérez-Fernández et al., 2018).

Los factores determinantes de la producción agrícola se agrupan en tres categorías; económicos, técnicos y ambientales. Entre los primeros se encuentran los precios de mercado, los costos y el acceso al crédito; entre los segundos destacan la maquinaria, los fertilizantes y la mano de obra; y, entre los últimos están las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua y el suelo (Nazario-Lezama et al., 2025; Pérez-Fernández et al., 2018).

Entre los factores técnicos o tecnológicos se encuentran las prácticas de fertilización, poda, control de plagas, riego y cosecha, los cuales determinan la calidad del fruto y la eficiencia del cultivo. Esto demuestra que la adopción de tecnologías agrícolas sumada a la capacitación y la organización del trabajo influyen de manera directa en el rendimiento y por tanto, en la producción de un cultivo (Fernández et al., 2015).

La incorporación de variables ambientales fortalece la formulación de funciones de producción, volviéndolas más precisas y al sumarlas, se obtiene una función más completa que capture la relación entre los demás factores (Bóbeda et al., 2023). Es así como, la producción de un cultivo no depende solamente de insumos materiales, sino también del conocimiento técnico, el acceso a la tecnología y a las condiciones ambientales.

2.4. Función de producción

Una función de producción muestra las diferentes cantidades de producto que pueden ser obtenidas con la combinación de las diferentes cantidades de factores productivos (Vargas, 2014). En términos matemáticos se expresa de la siguiente manera:

$$Q = f(T, L, Rn, K)$$

Donde Q es la cantidad de producción, T, el factor tierra, L, el factor trabajo, Rn, los recursos naturales y K es el capital (maquinaria, infraestructura, herramientas, etc.).

Esta función se simplifica en otra expresión, donde la producción solo estará en función de trabajo y el capital:

$$Q = f(L, K)$$

2.4.1. Función Cobb-Douglas

La función de producción, en este sentido es una herramienta fundamental para el análisis cuantitativo de la relación entre un producto y sus insummos. La función más empleada en el ámbito agrícola es la función Cobb-Douglas, esta expresa el nivel de producción como una combinación logarítmica de los factores de trabajo, tierra, capital y tecnología. Esta función permite estimar las elasticidades de cada factor y evaluar la eficiencia productiva. En el contexto agrícola, su aplicación facilita identificar qué insumos tienen mayor impacto en el

rendimiento y cómo se pueden optimizar los recursos (Cancino et al., 2021; Pinem et al., 2021).

La función Cobb-Douglas consiste en variables dependientes e independientes. Se expresa de la siguiente manera:

$$Q = AL^{\alpha}K^{\beta}$$

Donde Q es la cantidad de producción, A es una constante positiva que mide la productividad total de los factores, α y β son constantes positivas que representan la elasticidad de la producción con respecto al trabajo y al capital, respectivamente.

2.4.2. Otras funciones de producción

A lo largo del tiempo, los economistas agrícolas han utilizado distintas formas de modelar la relación entre los factores productivos y la producción. Antes de la función Cobb-Douglas ya existían modelos como la función de Spillman, que fue una de las primeras en aplicarse al análisis agrícola. En la década de los 30s, la función de Spillman buscaba representar rendimientos decrecientes; esta función supuso una base para estimar los parámetros de una función de producción para procesos agrícolas básicos (Debertin, 2012).

En los años 50 surgió la función trascendental, que buscaba representar con mayor precisión el comportamiento de la producción según la teoría neoclásica. Posteriormente, se desarrollaron funciones con elasticidades variables, que permitieron reflejar mejor la respuesta de los insumos en diferentes condiciones. Más adelante, en 1970, De Janvry integró estas propuestas al demostrar que la Cobb-Douglas y la trascendental pertenecen a una familia más amplia, conocida como funciones de producción de potencia generalizadas (Debertin, 2012).

Sin embargo, la Cobb-Douglas presenta limitaciones al asumir elasticidades constantes y ausencia de interacciones entre insumos. Es por ello que, para superar estas restricciones, Christensen et al. (1973) desarrollaron la función de producción translogarítmica, la cual ofrece mayor flexibilidad al permitir que las elasticidades de sustitución entre insumos varíen según los niveles de

producción, sin imponer restricciones de homogeneidad o separabilidad. Estas variantes sentaron las bases para el estudio moderno de la producción agrícola y el perfeccionamiento de los modelos empíricos (Debertin, 2012).

En este contexto, aunque la Cobb-Douglas ha sido ampliamente utilizada en estudios agrícolas, el análisis de cultivos como el limón persa requiere modelos más flexibles que integren variables ambientales y técnicas, lo que justifica el uso de regresión múltiple y Translog en esta investigación.

2.5. Producción de cítricos

La literatura sobre cítricos en México muestra que la producción responde a diversos factores, como sociales, económicos o ambientales. Nazario-Lezama et al. (2025) analizaron la reconversión productiva de café a limón persa en Veracruz, identificando factores económicos y ambientales que explican el cambio de cultivo. La caída de los precios del café, los altos costos de producción, las plagas y las condiciones favorables del suelo motivaron la sustitución hacia el limón persa, lo que muestra cómo las decisiones agrícolas responden a presiones de mercado y al entorno físico.

Colin et al. (2024) encontraron que variables como educación y experiencia del productor influyen en la eficiencia técnica. Aunque estos factores sociales son relevantes en la literatura, el presente estudio se concentra en los determinantes técnicos y ambientales de la producción de limón persa, como superficie, fertilización y temperatura.

Por otra parte, estudios agronómicos destacan el papel de las variables ambientales: Rivera-Hernández et al. (2020) demostraron que mantener niveles óptimos de humedad mejora significativamente el rendimiento y la calidad del fruto, mientras que Bóbeda et al. (2023) estimaron la producción real y potencial de cítricos, concluyendo que la lluvia, la humedad del suelo y la temperatura explican gran parte de la variabilidad en los rendimientos.

A nivel internacional, Burhansyah y Kilmanun (2022) aplicaron un modelo Cobb-Douglas a la citricultura en Indonesia y encontraron que semillas, mano de

obra y experiencia agrícola son variables significativas, confirmando la rentabilidad del cultivo. Sin embargo, este enfoque presenta limitaciones al asumir elasticidades constantes y no incorporar factores ambientales, lo que justifica el uso de modelos más flexibles, como la regresión múltiple, en el análisis de la producción de limón persa en México

2.6. Modelo económico

Un modelo económico puede entenderse como una representación simplificada de la realidad que busca describir los elementos esenciales de un sistema económico. Para ser útil, debe incorporar un nivel de detalle suficiente que lo haga reconocible y coherente con los fenómenos reales que pretende explicar. No obstante, su función no es reproducir la realidad en su totalidad, sino ofrecer una versión estructurada que permita analizar su comportamiento. Los modelos permiten simular eventos o escenarios hipotéticos que responden a la pregunta "¿qué pasaría si…?", de igual manera, permiten evaluar los posibles efectos de diferentes alternativas sin aplicarlas en la práctica. Es así que un modelo se considera como un conjunto de relaciones teóricas que facilita la interpretación, predicción y análisis de los resultados derivados de cambios en la economía (Debertin, 2012).

2.6.1. Modelo de regresión simple

El modelo de regresión simple también denominado modelo de regresión de dos variables o modelo de regresión lineal bivariante estudia la relación entre dos variables y y x, donde y es la variable dependiente y x, la variable independiente (Wooldridge, 2010).

La forma simple en la que se representa un modelo de regresión es:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + u$$

Donde β_0 es el intercepto de la función, β_1 es el parámetro de la pendiente en la relación entre y y x, u es el error (Wooldridge, 2010).

2.6.2. Modelo de regresión múltiple

El análisis de regresión múltiple es más adecuado para analizar como varios factores afectan de forma simultánea a la variable dependiente. Al tener diferentes variables explicativas se puede construir un mejor modelo.

La representación más común de un modelo de regresión lineal múltiple abarca una ordenada al origen, mostrándose de la siguiente manera:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_n x_n + u$$

Donde y es la variable dependiente, x_n son las variables explicativas, β_0 es el intercepto de la función, β_n son los estimadores de asociados con las x; y u es el error (Wooldridge, 2010)

2.6.3. Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios

El método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) se atribuye al matemático alemán Carl Friedrich Gauss. El método MCO determina la forma de la función de regresión de modo que la suma de los residuos al cuadrado sea lo más pequeña posible. O, en otras palabras, el método MCO busca que las diferencias entre los valores observados (Yi) y los valores estimados ($\widehat{Y}_i$) sean mínimas.

En términos matemáticos, se expresa de la siguiente manera:

$$\sum \hat{u}_i^2 = \sum \left(Y_i - \widehat{Y}_i\right)^2 = \sum \left(Y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_i x_i\right)^2$$

Este método otorga más importancia a los errores grandes, porque al elevarlos al cuadrado su efecto se amplifica. De esta forma, el modelo busca que las diferencias entre los valores observados y los estimados sean lo más pequeñas posibles. En otras palabras, el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios permite encontrar la línea de regresión que mejor se ajusta a los datos, representando de manera más precisa la relación entre las variables (Gujarati y Porter, 2010).

El método de Mínimos Cuadrados es una de las bases de la econometría moderna, porque permite que estimadores insesgados, eficientes y consistentes cumplan con los supuestos del modelo clásico (Gujarati y Porter, 2010; Verbeek,

2004). El MCO ofrece una base sólida para analizar relaciones económicas reales, ya que minimiza los errores y facilita la interpretación de los coeficientes, convirtiéndose en un instrumento confiable para medir el efecto de distintas variables sobre un resultado específico. En este sentido, el MCO no solo representa un procedimiento estadístico, sino también una forma práctica y precisa de comprender las relaciones entre los fenómenos económicos y productivos (Verbeek, 2004).

El método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), es uno de los mayormente empleados debido a su simplicidad y eficiencia en condiciones de linealidad y homocedasticidad. A través de la estimación de funciones de producción tipo Cobb-Douglas, los modelos econométricos facilitan la interpretación de los coeficientes como elasticidades de los factores, mostrando el grado de influencia de cada uno en la producción agrícola (Pinem et al., 2021; Yousafzai et al., 2019).

2.6.4. Supuestos del Modelo de Regresión Lineal

El modelo de regresión lineal clásico se sustenta con supuestos que grantizan la validez de los resultados obtenido por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Al cumplirse estos supuestos, se permite realizar inferencias confiables sobre la relación entre las variables del modelo (Gujarati y Porter, 2010; Wooldridge, 2010).

2.6.4.1. Linealidad

El primer supuesto establece que el modelo debe ser lineal en sus parámetros, es decir, que la relación entre las variables explicativas o independientes y la variable dependiente puede expresarse mediante una ecuación lineal respecto a los coeficientes. Esta condición es esencial porque permite aplicar el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios de forma correcta y facilita la interpretación de los efectos de cada variable sobre el fenómeno que se estudia (Gujarati y Porter, 2010).

2.6.4.2. Media condicional cero

El segundo supuesto plantea que, para todo valor de la variable explicativa, el valor esperado del error u es cero. Es decir:

$$\mathrm{E}(\mathrm{u}|\mathrm{x}) = 0$$

De acuerdo con Wooldridge (2010), este supuesto es el más importante del modelo clásico, ya que asegura que los estimadores MCO sean insesgados.

2.6.4.3. Homocedasticidad

El tercer supuesto indica que la varianza del término de error es constante para todos los valores de las variables independientes. Cuando esta condición se cumple, los estimadores MCO son eficientes y presentan la mínima varianza posible dentro de la clase de estimadores lineales insesgados (Gujarati y Porter, 2010). Este supuesto se representa simbólicamente de la siguiente manera:

$$E(u_i^2) = \sigma^2 \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

2.6.4.4. Multicolinealidad

El cuarto supuesto indica que ninguna variable independiente puede ser una combinación lineal exacta a las demás. Si ocurre, los coeficientes no pueden estimarse de manera única. Una alta correlación entre los regresores provoca varianzas elevadas en los estimadores y dificulta determinar la influencia individual de cada variable en la variable dependiente (Wooldridge, 2010).

2.6.4.5. Autocorrelación

El quinto supuesto establece que los errores deben ser independientes entre sí, de modo que el error de una observación no esté relacionado con el de otra, en otras palabras, debe haber ausencia de autocorrelación, esto tiene mayor relevancia en modelos con datos de series o paneles, la independencia de los errores asegura la fiabilidad de los resultados econométricos y la consistencia de las conclusiones del modelo (Gujarati y Porter, 2010).

CAPÍTULO 3. COMPETITIVIDAD Y ESPECIALIZACIÓN EXPORTADORA DEL LIMÓN PERSA MEXICANO EN EL MERCADO MUNDIAL[3]

Resumen

El limón persa ha adquirido una gran importancia dentro de los cultivos cítricos, debido a su participación en la producción agrícola nacional y su presencia en el comercio internacional. Al consolidarse como la principal variedad de limón, este fruto posiciona a México como uno de los principales productores y exportadores de este cítrico. El objetivo de la investigación fue analizar el comportamiento productivo y comercial del limón persa en México. Se aplicó una metodología cuantitativa basada en fuentes oficiales nacionales e internacionales. Se calcularon proporciones, tasas de crecimiento, la balanza comercial y el consumo nacional aparente, así como indicadores económicos de competitividad, dependencia y autosuficiencia para evaluar su desempeño productivo y comercial. La producción del limón persa ha mostrado un crecimiento constante entre 1996 y 2023, lo que se refleja en el aumento de la superficie cosechada, el rendimiento, el volumen y el valor de la producción, con cinco estados que concentran el 85 % de la producción nacional. En el ámbito comercial, el consumo nacional aparente, el coeficiente de exportación y la balanza comercial confirman que el país cuenta con excedentes que se destinan al mercado externo. Además, indicadores como la balanza comercial relativa, el índice de transabilidad y el grado de apertura exportadora reafirman esta orientación, lo que confirma la capacidad del país para abastecerse y mantener una posición competitiva internacionalmente. En conclusión, el éxito comercial del limón persa en el mercado internacional se respalda por el crecimiento continuo de la producción.

Palabras claves: exportaciones, importaciones, balanza comercial, competitividad.

Abstract

The Persian lime has become highly significant among citrus crops due to its contribution to national agricultural production and its presence in international trade. By establishing itself as the leading lemon variety, this fruit positions Mexico as one of the leading producers and exporters of this citrus fruit. The objective of this study was to analyze the production and trade performance of the Persian lime in Mexico. A quantitative methodology based on official national and international sources was applied. Proportions, growth rates, the trade balance, and apparent domestic consumption were calculated, along with economic indicators of competitiveness, dependence, and self-sufficiency to evaluate its production and trade performance. Persian lime production has shown steady growth between 1996 and 2023, as reflected in increases in harvested area, yield,

[3] Artículo enviado a: Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical

volume, and production value, with five states accounting for 85 % of national production. On the trade front, apparent domestic consumption, the export coefficient, and the trade balance confirm that the country has surpluses that are directed toward the foreign market. Furthermore, indicators such as the relative trade balance, the tradability index, and the degree of export openness reinforce this orientation, confirming the country's ability to supply itself and maintain a competitive position internationally. In conclusion, the commercial success of the Persian lime in the international market is supported by continuous growth in production.

Keywords: exports, imports, trade balance, competitiveness.

3.1. Introducción

El limón persa (*Citrus latifolia*), también conocido como limón sin semilla, al igual que otros cítricos, es originario de Asia, de una zona que abarca desde la vertiente meridional del Himalaya hasta China meridional, Indochina, Tailandia, Malasia e Indonesia (Martínez et al., 2020). Es probable que fue transportada a Persia (actualmente Irán) desde el sudeste asiático; pero, a mediados del siglo XX, esta variedad dejó de cultivarse. Alrededor de 1824 el cítrico fue introducido en Australia. Posteriormente, llegó a las islas de Polinesia donde se le nombró "lima de Tahití" por su relación con la industria citrícola tahitiana. En la década de 1850 ingresó a EE.UU. desde Tahití (Ramadugu et al., 2019).

En México el cultivo de limón persa se inició en la década de los setenta, pero no fue hasta los ochenta que ganó relevancia económica, debido a la demanda estadounidense. Este hecho se favoreció por el cierre de la frontera estadounidense a las importaciones del limón mexicano, tras detectar la bacteriosis de los cítricos (Herbert et al., 2010). En la actualidad, el limón persa se cultiva alrededor de todo el mundo, principalmente en zonas tropicales y subtropicales (Martínez et al., 2020).

Los cítricos tienen una gran importancia a nivel mundial. En más de 100 países se producen aproximadamente 170 millones de toneladas. En el 2023, los principales países productores de cítricos que destacaron son China (28 %), Brasil (12 %), India (9 %), México (6 %) y Turquía (5 %), los cuales aportaron alrededor del 60 %. En ese mismo año, México ocupó el cuarto lugar entre los productores mundiales de cítricos, con una producción de 9.4 millones de

toneladas obtenidas en una superficie cosechada de aproximadamente 678 mil hectáreas y un rendimiento promedio de 14 $kg \cdot ha^{-1}$ (FAOSTAT, 2025).

A nivel mundial, los limones y limas representan el 14 % de la producción total de cítricos, con un volumen de 23.6 millones toneladas. Los cinco principales productores, son India (16 %), México (14 %), China (10 %), Turquía (10 %) y Argentina (8 %), los cuales concentran cerca del 58 % de la producción mundial de este grupo de cítricos. Durante la última década, México se ha mantenido entre los principales productores mundiales de limones y limas, llegando al primer puesto en 2017 y al segundo en 2023, año en el que alcanzó una producción de 3.2 millones de toneladas en 210,735 hectáreas cosechadas (FAOSTAT, 2025).

Los cinco principales países exportadores de limones y limas por volumen en el año 2023 fueron México (709,475.64 toneladas, 17 %), Turquía (655,296.69 toneladas, 16 %), España (615,177.41 toneladas, 15 %), Sudáfrica (565,295.1 toneladas, 14 %) y Países Bajos (247,850.15 toneladas, 6 %), que en conjunto abarcan el 67 % del total de las exportaciones a nivel mundial, representando un valor de más de 2.8 mil millones de dólares, 67 % (FAOSTAT, 2025).

Asimismo, los cinco principales países importadores de limones y limas por volumen en el año 2023 fueron Estados Unidos de América (885,365.68 toneladas, 22 %), Países Bajos (323,989.68 toneladas, 8 %), Rusia (259,268.69 toneladas, 6 %), Alemania (228,685.68 toneladas, 6 %) e Iraq (225,012.42 toneladas, 6 %), representando un 48 % del total de las importaciones a nivel mundial, lo que representó un valor de más de 2.1 mil millones de dólares, 47 % (FAOSTAT, 2025).

En México, los limones constituyen el principal grupo dentro de la producción nacional de limones y limas; las variedades cultivadas son el limón mexicano, el limón italiano, el limón persa además de las limas. De estas el limón persa y el limón agrio son los más importantes desde el punto de vista productivo, con 1.6 millones de toneladas, 50 %, y 1.4 millones de toneladas, 45 %, respectivamente, lo que, en conjunto, representan el 95 % de la producción total de limones y limas a nivel nacional (SIACON, 2025).

La literatura previa ha abordado el sector citrícola mediante su desempeño productivo y su competitividad comercial mediante indicadores de orientación exportadora y posicionamiento internacional. En el caso del limón, Vargas-Canales et al. (2020) analizaron sus especialización y competitividad en México, identificando regiones con ventajas productivas favorables.

Respecto al limón persa, López-Hernández et al. (2019) y Pat-Fernández et al. (2015) analizaron su competitividad en dos de las regiones productoras más representativas de México; la región del Papaloapan, Oaxaca y el muncipio de Martínez de la Torre, Veracruz. A diferencia de las investigaciones con enfoques macroeconómicos, estos estudios evidenciaron cómo la productividad, la tecnología y la calidad determinan el desempeño competitivo en las principales regiones productoras del país.

Por otro lado, existen estudios que analizan la ventaja comparativa y competitividad de diferentes productos mexicanos en el mercado internacional. Zavala-Martínez et al. (2023) y Pat-Fernández et al. (2017) caracterizaron el comportamiento de la competitividad comercial del mango de México en el mercado mundial mediante el cálculo de tasas de crecimiento de variables de comercio y de los principales índices de competitvidad en periodos determinados. Siguiendo una metodología similar, Rodríguez-López et al. (2024) analizaron indicadores de competitividad del comercio del chile verde en un periodo determinado, con el fin de saber la posición del producto en el mercado internacional.

Ante la creciente dinámica de la citricultura mexicana en el mercado internacional y la concentración del limón persa en zonas específicas del país, se plantea que el limón persa mexicano mantiene un nivel favorable en el mercado, reflejados en su comportamiento productivo y comercial.

No obstante, la literatura sobre productos agrícolas suele analizar la producción y la competitividad como temas independientes. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo analizar de manera conjunta variables de producción y comercio e indicadores de desempeño comercial del limón persa en un mismo

periodo de análisis, con el fin de ofrecer un panorama productivo y comercial a nivel nacional.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Información, variables e indicadores.

La información se obtuvo de las bases de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT), del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI) y del Sistema de Consulta de Comercio Exterior en México (SICVI). Las variables analizadas son: superficie cosechada, rendimiento, volumen de producción, valor de producción, exportaciones e importaciones. Los indicadores calculados son: balanza comercial, consumo nacional aparente, índice de balanza comercial relativa, índice de transabilidad, coeficiente de apertura exportadora, coeficiente de exportación, coeficiente de dependencia comercial y coeficiente de autosuficiencia alimentaria.

3.2.2. Procedimiento de cálculo

Para analizar la distribución y el comportamiento de las variables asociadas a la producción, el comercio y la competitividad del comercio del limón persa se recurrió al uso de conceptos y fórmulas, que facilitaron la interpretación de los datos.

Proporción. Representa la igualdad de dos razones para establecer la relación entre una parte con respecto al todo, se obtiene a partir de un coeficiente de participación. Al igual que los porcentajes, la proporción ofrece la misma información (Pierdant y Rodríguez, 2005).

$$\% = \frac{VP}{VT} * 100 \qquad \text{Ec. 1}$$

Donde:

% = Proporción;
VP = Valor Parcial;
VT = Valor Total.

Tasa de crecimiento. Muestra el incremento porcentual que tiene un valor determinado en un periodo dado (Pat-Fernández et al., 2017). Se calcula de la siguiente manera:

$$r\%(a1 - an) = \left(\frac{Van}{Va1} - 1\right) * 100 \qquad \text{Ec. 2}$$

Donde:

r%(a1-an) = Tasa de crecimiento del año 1 al año n;
n = Número de años;
Van = Valor en el último año;
Va1 = Valor en el año 1.

Balanza comercial (BC). Se determina como el registro que lleva un país sobre las importaciones y exportaciones que este desarrolla dentro de sus actividades comerciales durante un periodo. Cuando el saldo es positivo se denomina superávit y se manifiesta cuando las exportaciones superan a las importaciones; por otro lado, cuando el saldo es negativo se define como déficit comercial y resulta cuando las importaciones son mayores a las exportaciones (Machuca, 2018). Se calcula de la siguiente manera:

$$BCij = Xij - Mij \qquad \text{Ec. 3}$$

Donde:

BCij = Balanza comercial del producto i del país j;
Mij = Importaciones del producto i del país j;
Xij = Exportaciones del producto i del país j.

Consumo Nacional Aparente (CNA). Indica la cantidad de bienes y servicios que se consumen en un país en un periodo determinado. Es la suma entre la producción nacional y las importaciones menos las exportaciones. Cuando el

CNA es menor a la producción nacional, la demanda está satisfecha y hay excedentes en la producción con destino a los mercados internacionales y, cuando el CNA es mayor a la producción nacional, el país es dependiente de las importaciones (Zavala-Martínez et al., 2023). Se calcula de la siguiente manera:

$$CNAij = Qij + Mij - Xij \qquad \text{Ec. 4}$$

Donde:

CNAij = Consumo nacional aparente del producto i del país j;
Qij = Producción nacional del producto i del país j;
Mij = Importaciones del producto i del país j;
Xij = Exportaciones del producto i del país j.

Indicador de Balanza Comercial Relativa (IBCR). Mide la relación entre la balanza comercial de un producto (exportaciones menos importaciones) y el comercio total de dicho producto (exportaciones más importaciones). Este indicador se usa para saber qué productos se destinan a la importación o exportación, con lo cual se puede saber si hay ventaja competitiva. Cuando el valor está entre -1 y 0, el país se considera un importador neto y no existe ventaja competitiva; cuando el valor está entre 0 y 1, el país se considera un exportador neto y existe ventaja competitiva (Zavala-Martínez et al., 2023). Se calcula de la siguiente manera:

$$IBCRij = \frac{Xij - Mij}{Xij + Mij} \qquad \text{Ec. 5}$$

Donde:

IBCRij = Indicador de balanza comercial relativa del producto i de país j;
Xij = Exportaciones del producto i del país j;
Mij = Importaciones del producto i del país j.

Índice de Transabilidad. Indica la relación entre la balanza comercial y el consumo aparente y mide la capacidad de generar excedentes netos para exportar. Cuando el valor es negativo y cercano a -1, el país se considera importador, debido al exceso de demanda; cuando el valor es cercano a 0, se

considera que el país solo tiene una capacidad cercana al autoabastecimiento; y, cuando el valor es positivo el país se considera exportador, debido a un exceso de oferta (Nuñez et al., 2023; Zavala-Martínez et al., 2023). Se calcula de la siguiente manera:

$$ITij = \frac{Xij - Mij}{Qij + Mij - Xij} \quad \text{Ec. 6}$$

ITij = Índice de transabilidad del producto i del país j;
Xij = Exportaciones del producto i del país j;
Mij = Importaciones del producto i del país j;
Qij = Producción nacional del producto i del país j.
(Qij + Mij – Xij) = Consumo nacional aparente interna del bien i en el país j en un periodo dado.

Coeficiente de Exportación. Indica la relación entre las exportaciones y el volumen de producción de un producto en un periodo determinado. En otras palabras, mide lo que se exporta de la producción total del producto. Cuando el valor es cercano a 1, existe mayor exportación del producto y mientras más cercano sea a 0, la cantidad de exportación es baja (Zavala-Martínez et al., 2023). Se calcula de la siguiente manera:

$$CEij = \frac{Xij}{VPij} \quad \text{Ec. 7}$$

CEij = Coeficiente de exportación del producto i del país j;
Xij = Exportaciones del producto i del país j;
VPij = Volumen de producción del producto i del país j.

Coeficiente de Apertura Exportadora. Indica la proporción que representan las exportaciones de un producto respecto al consumo aparente, lo que permite valorar el nivel de penetración que el producto alcanza en el mercado mundial. Cuando el valor es cercano a 0, es menos competitivo, debido a que gran parte de la producción se destina al mercado interno y mientras el índice sea más alto, el producto será más competitivo en el mercado internacional (Cital y Bonales, 2023). Se calcula de la siguiente manera:

$$CAEij = \frac{Xij}{Qij+Mij-Xij}$$ Ec. 8

CAEij = Coeficiente de apertura exportadora del producto i en el país j;
Mij = Importaciones del producto i del país j;
Xij = Exportaciones del producto i del país j;
Qij = Producción doméstica del producto i del país j;
(Qij + Mij – Xij) = Consumo nacional aparente (demanda efectiva) interna del bien i en el país j en un periodo dado.

Coeficiente de Dependencia Comercial (CDCij). También conocido como el grado de penetración de importaciones, indica la medida de la competencia internacional por la demanda interna, es expresado como porcentaje. Mientras mayor sea el coeficiente mayor será la dependencia del consumo interno de las importaciones y, mientras más bajo sea el coeficiente, el país tiene más capacidad de abastecer su demanda interna con la producción nacional (Pat-Fernández et al., 2017). Se calcula de la siguiente manera:

$$CDCij = \frac{Mij}{Qij+Mij-Xij}$$ Ec. 9

Donde:

CDCij = Coeficiente de dependencia comercial del producto i en el país j;
Mij = Importaciones del producto i del país j;
Xij = Exportaciones del producto i del país j;
Qij = Producción doméstica del producto i del país j;
(Qij + Mij – Xij) = Consumo nacional aparente interna del bien i en el país j en un periodo dado.

Coeficiente de Autosuficiencia Alimentaria (CAA). Relaciona la producción nacional con el Consumo Nacional Aparente para medir el grado en que un país es capaz de cubrir el consumo interno sin recurrir a las importaciones. Valores altos indican una mayor autosuficiencia con capacidad exportadora, mientras que valores bajos señalan dependencia externa (Favila, 2024). Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{CAAij} = \frac{Qij}{Qij+Mij-Xij} \quad \text{Ec. 10}$$

CAAij = Coeficiente de autosuficiencia alimentaria del producto i en el país j;

Mij = Importaciones del producto i del país j;

Xij = Exportaciones del producto i del país j;

Qij = Producción doméstica del producto i del país j;

(Qij + Mij – Xij) = Consumo nacional aparente interna del bien i en el país j en un periodo dado.

3.3. Resultados y discusión

3.3.1. Superficie cosechada

En el 2023, a nivel nacional se cultivaron y cosecharon 112,383.48 y 106,177.62 hectáreas, respectivamente, de las cuales los principales estados productores del limón persa ocuparon un 81 % en la superficie cosechada. En primer lugar, se encuentra Veracruz con una superficie cosechada de 52,284.34 hectáreas, 49 %; en segundo lugar, Oaxaca con una superficie de 15,828.65 hectáreas, 15 %; en tercer lugar, le sigue Tabasco con una superficie de 7,227.32 hectáreas, 7 %; en cuarto lugar, se encuentran Jalisco con una superficie de 5,254 hectáreas, 5 %; y, en quinto lugar, Yucatán con una superficie de 4,884.25 hectáreas, 5 %, respectivamente (Figura 1).

La superficie cosechada de limón persa mostró una tendencia creciente durante el periodo 1996 a 2023, con una tasa de crecimiento de 713.81 %. En general, su comportamiento fue ascendente a lo largo de los años; sin embargo, en 2005 se presentó una disminución respecto al año anterior, al pasar de 45,201.75 ha en 2004 a 42,887.90 ha en 2005 (Figura 1).

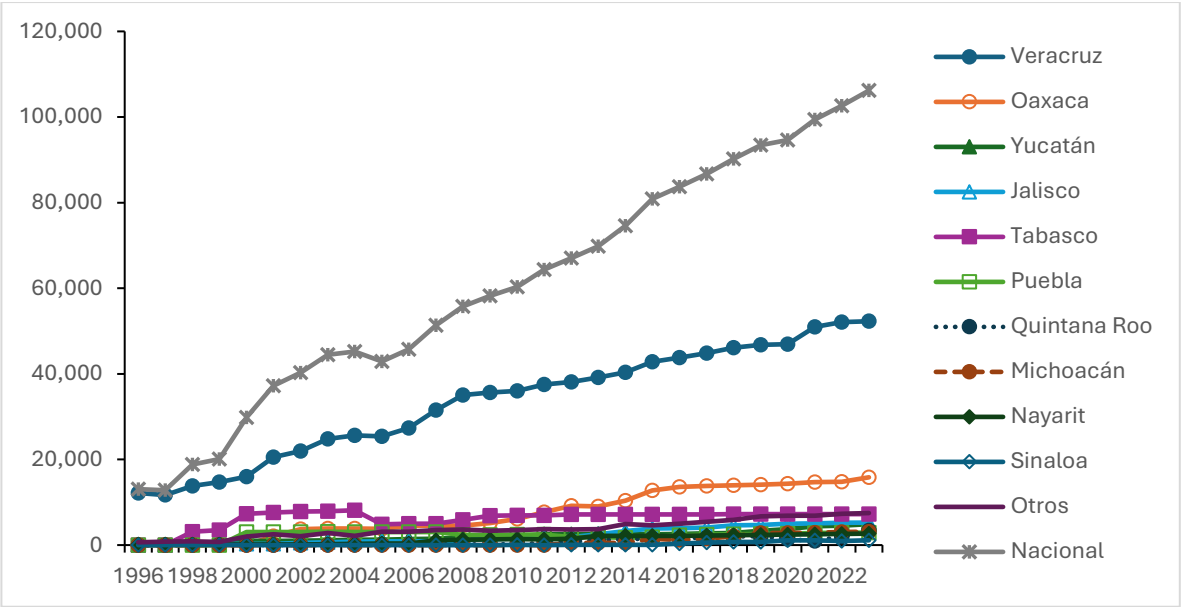


Figura 1. Comportamiento de la superficie cosechada de limón persa en México por principales estados productores, 1999-2023 (ha).

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON (2025).

La superficie cosechada de limón persa en los principales estados productores tuvo un comportamiento creciente, excepto en Puebla (−5.84 %). Los estados que mostraron un alto crecimiento en la superficie cosechada durante el periodo analizado fueron Michoacán (208,733.33 %), Tabasco (48,082.13 %), Sinaloa (27,921.25 %), Quintana Roo (18,847.22 %) y Yucatán (4,422.45 %) (SIACON, 2025).

3.3.2. Rendimiento

En el 2023, los principales estados productores de limón persa que presentaron los más altos rendimientos fueron Yucatán, Jalisco, Veracruz, Puebla y Oaxaca. En primer lugar, se encuentra Yucatán con un rendimiento de 22.02 ton·ha^{-1}; en segundo lugar, Jalisco con 18.04 ton·ha^{-1}; en tercer lugar, a pesar de ser el primer estado productor, se encuentra Veracruz con un rendimiento de 16.54 ton·ha^{-1}; en cuarto lugar, Puebla con 15.12 ton·ha^{-1}y en quinto lugar, Oaxaca con 13.34 ton·ha^{-1}(SIACON, 2025).

En el periodo de 1996 a 2023, hubo una tendencia creciente del rendimiento del limón persa en México. En el primer año del periodo el rendimiento del limón persa fue de 13.21 ton·ha^{-1} y en el último año fue de 15.29 ton·ha^{-1}, mostrando un crecimiento del 15.71 %. En general, el rendimiento en los principales estados productores tuvo un comportamiento creciente, excepto en Oaxaca, cuyo decrecimiento fue de 4.71 % (Figura 2).

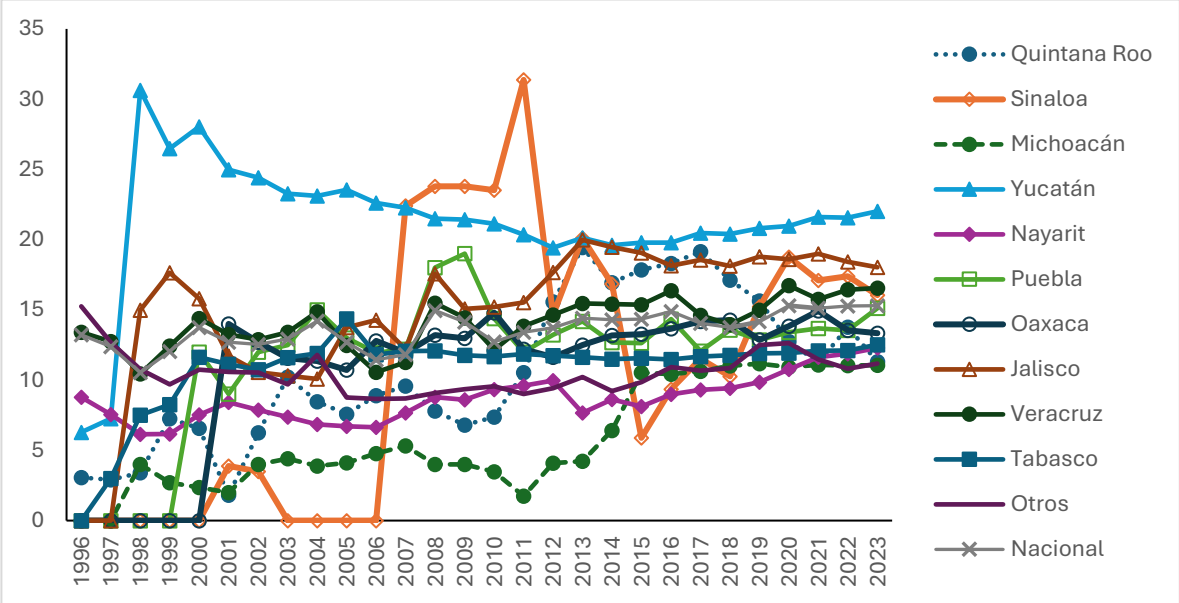


Figura 2. Comportamiento del rendimiento de limón persa en México por principales estados productores, 1999-2023 (ton·ha^{-1}).

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON (2025).

3.3.3. Producción

En 2023, México produjo 1,623,784.81 toneladas de limón persa en 25 entidades federativas, de las cuales cinco estados concentraron el 84 % de la producción (1,368,548.40 toneladas). El primer puesto lo ocupa Veracruz, con una producción de 864,713.50 toneladas, 53 %; en segundo lugar, le sigue Oaxaca con una producción de 211,126.10 toneladas, 13 %; en tercer lugar, Yucatán con una producción de 107,553.29 toneladas, 7 %; en cuarto lugar, Jalisco con una producción de 94,774.91 toneladas, 6 %; y, en quinto lugar, le sigue Tabasco con una producción de 90,380.60 toneladas, 6 % (Figura 3).

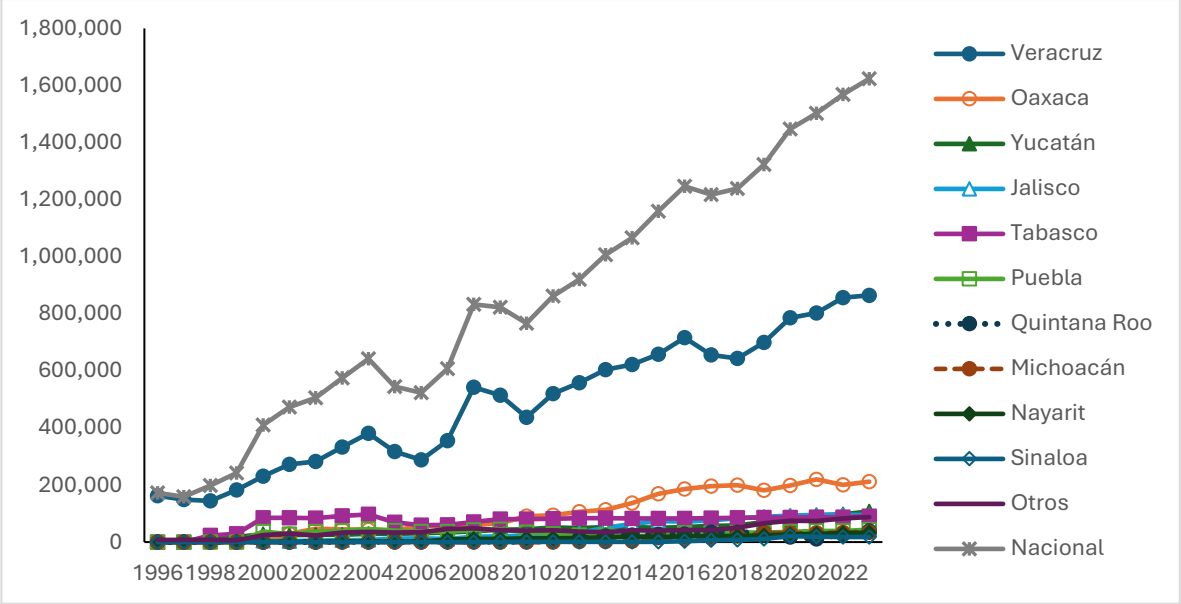


Figura 3. Comportamiento de la producción de limón persa en México por principales estados productores, 1999-2023 (ton).

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON (2025).

El crecimiento continuo de la superficie cosechada y de la producción durante los años 1996 a 2023, permite identificar la fuerza que toma el limón persa en el sector citrícola en México. Además, la alta concentración de la producción del limón en cinco estados señala que los procesos de especialización regional favorecen el desarrollo del cultivo en determinadas regiones, coincidente con lo sugerido por Vargas-Canales et al. (2020).

La producción nacional de limón persa creció 841.82 % de 1996 (172,409 toneladas) a 2023 (1,623,784.81 toneladas). A pesar del incremento, se observaron tres periodos de decrecimiento: 2005-2007, con un ligero repunte en 2008; 2009-2010, recuperándose en 2011; y, 2017-2018, a partir de la cual retomó un crecimiento constante hasta el final del periodo (SIACON, 2025).

La producción de los principales estados productores de limón persa en México ha mostrado una tendencia creciente a lo largo del periodo. Los estados que han presentado una mayor tasa de crecimiento fueron Michoacán (433,038.63 %),

Tabasco (200,745.78 %), Sinaloa (115,866.58 %), Quintana Roo (69,990.80 %) y Yucatán (12,248.25 %) (SIACON, 2025).

Los cítricos han generado un impacto positivo en la economía nacional, posicionando a México como un productor relevante a nivel mundial, siendo el limón uno de los productos que han presentado un crecimiento dinámico, destacando así el limón persa el cual posiciona al país como uno de los principales exportadores; esta expansión confiere al limón ventajas en términos de competitividad (Valencia y Duana, 2019; Vargas-Canales et al., 2020).

3.3.4. Consumo Nacional Aparente (CNA) y Balanza comercial (BC)

Durante el periodo, el CNA, mostró altibajos previos hasta conseguir un máximo histórico entre 2020 y 2023. Al mantenerse constantemente menor a la producción, el CNA confirma que la demanda interna del limón persa se encuentra cubierta y los excedentes se destinan al mercado externo (Figura 4).

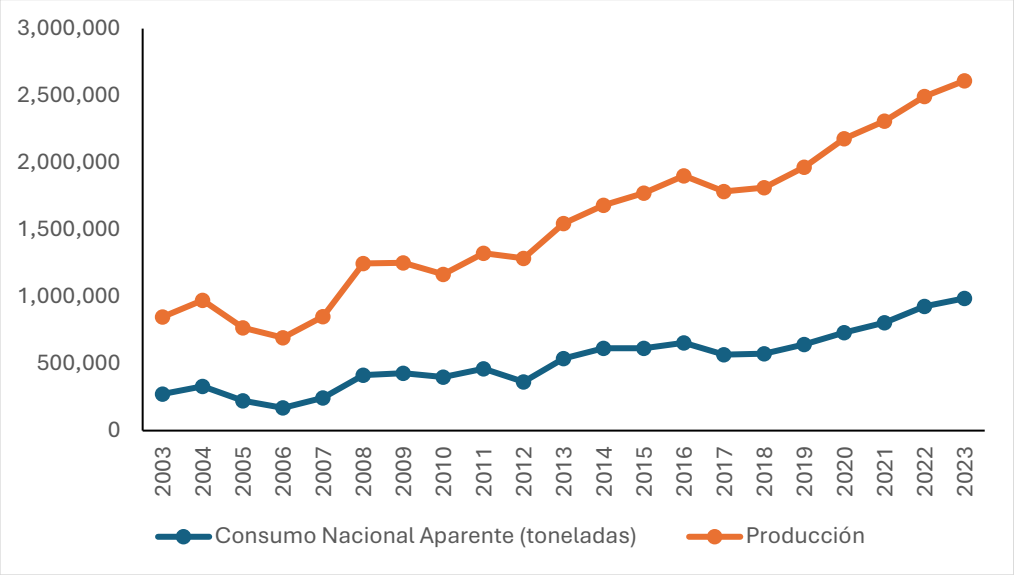


Figura 4. Comportamiento de la producción y el Consumo Nacional Aparente de limón persa en México, 2003-2023 (ton).

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON (2025), SIAVI (2022) y SICVI (2026).

La balanza comercial pasó de 301.5 mil toneladas en 2003 a 636.5 mil toneladas en 2023, manteniéndose positiva de manera continua al superar las exportaciones a las importaciones. Tras mantener una tendencia creciente que alcanzó su pico en 2020, el superávit comercial se sostuvo a pesar de las ligeras disminuciones posteriores (Figura 5).

El volumen de las exportaciones en México creció en un 111.1 % durante el periodo de 2003 a 2023, pasando de 301,530.54 toneladas a 636,530.44 toneladas, donde el principal país al que México exporta el limón persa es Estados Unidos de América. Por otro lado, las importaciones fueron nulas a lo largo de este periodo, exceptuando los años 2003, 2009, 2011 y 2013, donde el volumen de tales importaciones fue marginal, de aproximadamente 19, 7, 0.8 y 0.09 toneladas, respectivamente; y cuyo único origen fue Estados Unidos de América (Figura 5).

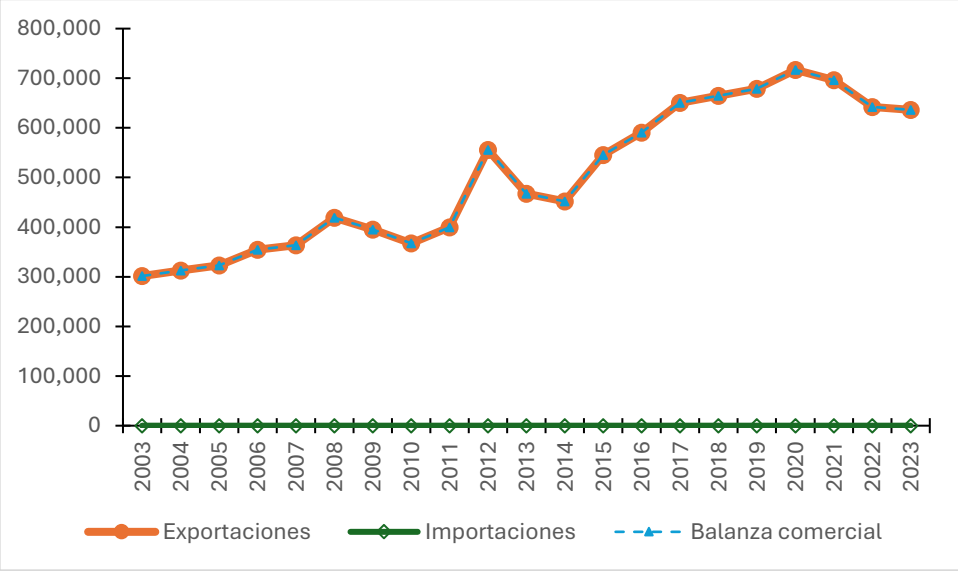


Figura 5. Balanza comercial de limón persa en México, 2003-2023 (ton).

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAVI (2022) y SICVI (2026).

3.3.5. Indicador de Balanza Comercial Relativa

Durante el periodo de 2003 a 2023, la balanza comercial relativa (IBCR) del limón persa se mantuvo constante con valores iguales a 1, lo que muestra la gran importancia que tienen las exportaciones por sobre las importaciones. El IBCR

se mantiene estable con un valor igual a 1, lo que demuestra que México es un exportador neto de limón persa, revelando que es un país sumamente competitivo (Figura 6).

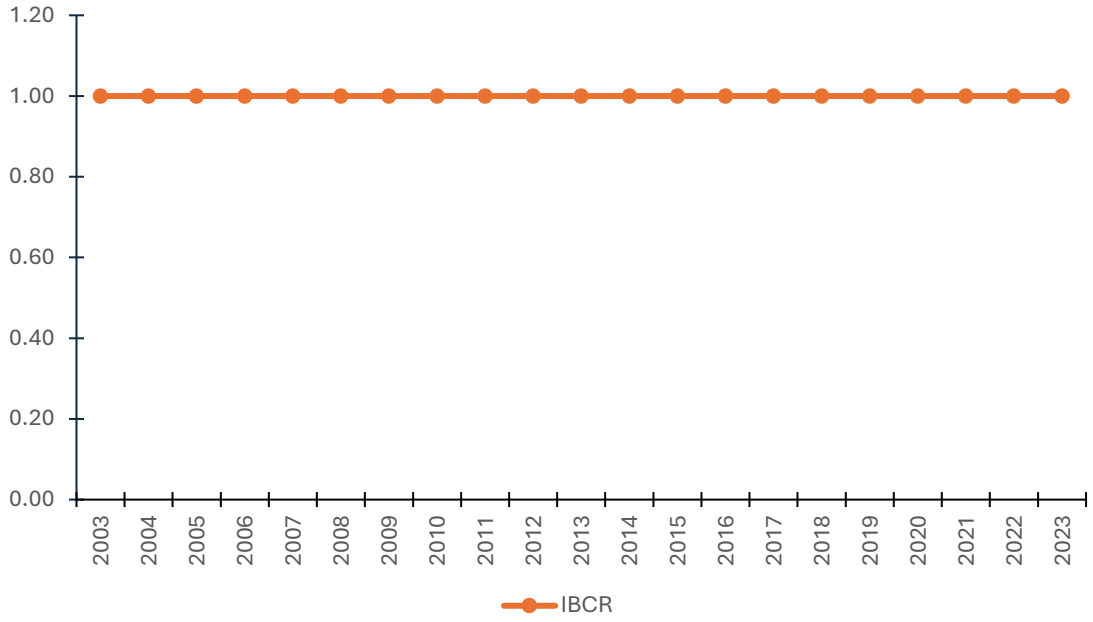


Figura 6. Comportamiento de la balanza comercial relativa del limón persa en México, 2003-2023.

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAVI (2022) y SICVI (2026).

3.3.6. Indicadores de competitividad de las exportaciones del limón persa

Entre 2003 y 2023, por la ausencia de importaciones, el coeficiente de exportación (promedio de 0.50), el índice de transabilidad (promedio de 1.06) y el coeficiente de apertura exportadora (promedio de 1.06) confirmaron que México es un exportador neto de limón persa, lo que evidencia la capacidad competitiva del limón persa mexicano para participar y mantenerse en el mercado

externo al aprovechar sus ventajas productivas fortaleciendo la posición del país frente a otros países (Figura 7).

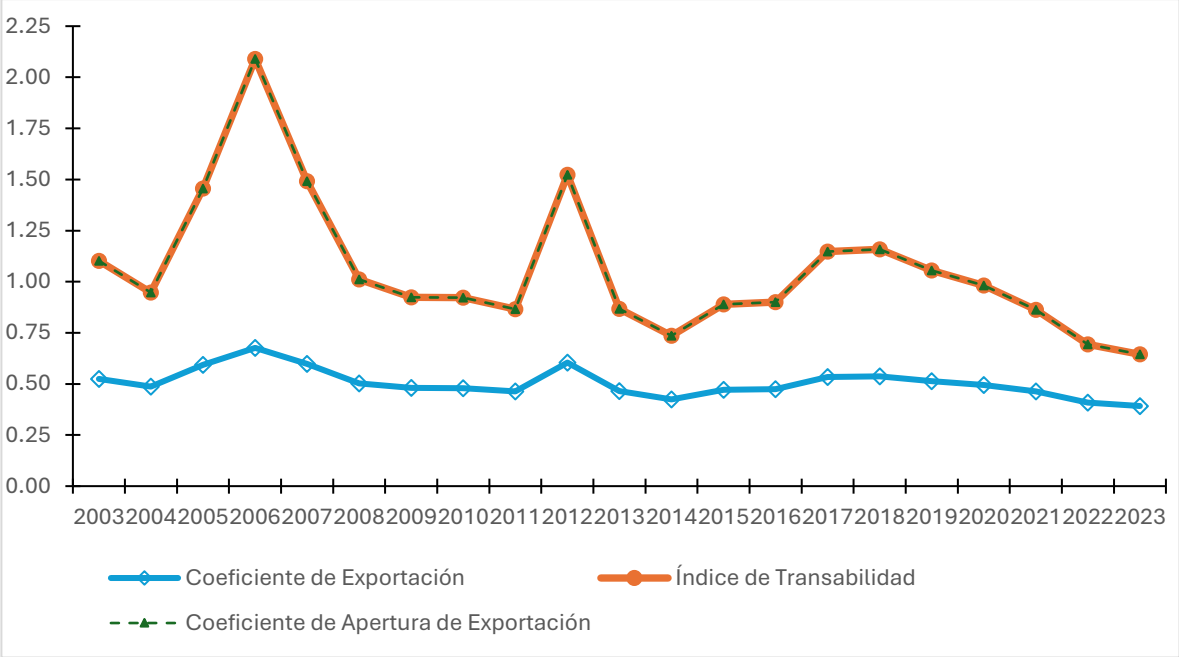


Figura 7. Comportamiento de indicadores de comercio del limón persa en México, 2003-2023.

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON (2025), SIAVI (2022) y SICVI (2026).

El coeficiente de exportación y el grado de apertura indican que la proporción significativa de la producción destinada al mercado internacional, consolidan una estrategia agroexportadora en el sector. Este comportamiento puede explicarse por la inserción del limón persa mexicano en mercados externos específicos, principalmente Estados Unidos, que es el principal importador de este producto, tal como lo revelan Arias y Suarez (2016), quienes sugieren que la inserción ha favorecido su posicionamiento internacional.

Durante el periodo de 2003 a 2023, el coeficiente de dependencia comercial se mantuvo cercano al 0, calificando al limón persa como un producto competitivo, mostrando que gran parte de la producción ha sido destinada a la exportación. En el caso del coeficiente de autosuficiencia alimentaria, los valores son

superiores a 1.0, con un promedio de 2.06, revelando que México es un país exportador neto, ubicándolo como un país competitivo en la producción de limón persa a nivel internacional (Figura 8).

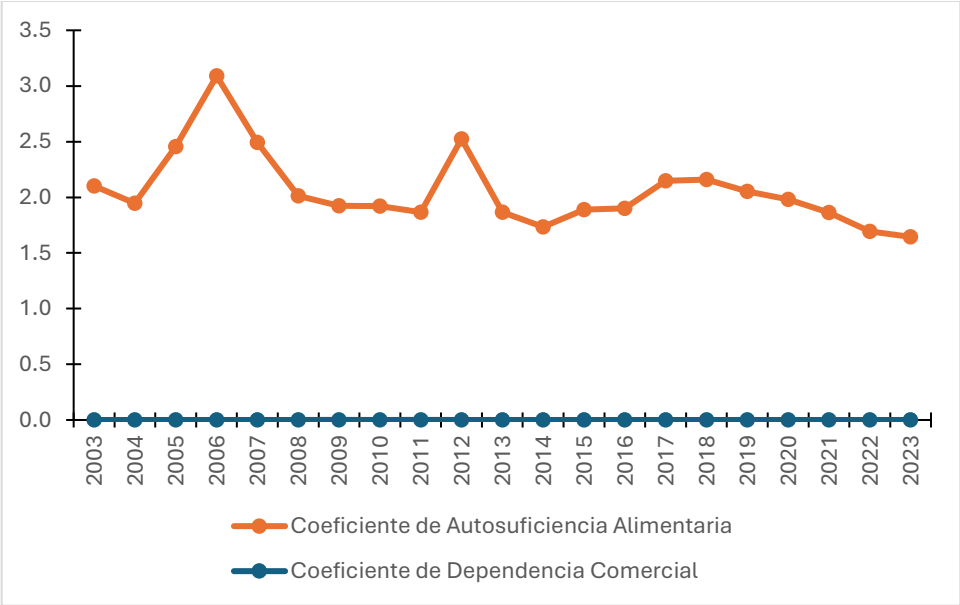


Figura 8. Comportamiento del coeficiente de autosuficiencia alimentaria y el coeficiente de dependencia comercial del limón persa en México, 2003-2023.

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON (2025), SIAVI (2022) y SICVI (2026).

Los indicadores de competitividad calculados indican que el limón persa destaca por su competitividad y capacidad de abastecer al mercado internacional, siendo que Veracruz es el principal productor y exportador, tal como lo indican Pat-Fernández et al. (2015) y Vargas-Canales et al. (2020), quienes a su vez indican que, en general, la expansión en el mercado se debe a la demanda internacional, impulsando el aumento de la producción, lo que ha favorecido cambios en la estructura productiva y el grado de especialización donde se cultiva, mejorando el desarrollo de la infraestructura y de innovaciones tecnológicas.

3.4. Conclusiones

Durante el periodo analizado, el crecimiento significativo en la producción de limón persa generó excedentes orientados al mercado extranjero. Este

comportamiento se tradujo en una balanza comercial superavitaria, posicionando a México como un exportador neto del cítrico. Asimismo, los indicadores de competitividad muestran el fortalecimiento del país en el mercado internacional, evidenciando capacidad de abastecer el mercado externo sin comprometer el interno. En general, el limón persa se ha consolidado como un cultivo estratégico dentro del sector agroalimentario mexicano, con expectativas de crecimiento sostenido y de expansión en el mercado.

Los estudios sobre limón persa han abordado aspectos relacionados con la producción, el comercio y la competitividad del cultivo en distintos contextos y de manera independiente. En este sentido, la presente investigación integra variables e indicadores de producción y comercio desde una perspectiva nacional e internacional, con el propósito de contribuir al conocimiento del comportamiento y desempeño productivo y comercial del limón persa en México.

3.5. Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el financiamiento y a la Universidad Autónoma Chapingo por brindarme la oportunidad de formarme académicamente en la Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales (MCEARN).

3.6. Literatura citada

Arias, F. y Suarez, E. (2016). Comportamiento de las exportaciones de limón persa (Citrus latifolia tanaka) al mercado de los Estados Unidos. *Journal of Agriculture and Animal Science*, *5*(2), 22–33. https://doi.org/10.22507/jals.v5n2a2

Cital G., P. V. y Bonales V., J. (2023). Miel de Abeja de México en el mercado mundial,2005-2020. *CIMEXUS*, *18*(2), 133–154. /https://doi.org/10.33110/cimexus180207

FAOSTAT. (2025). *Base de datos estadísticos de la FAO*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 9 de octubre de 2025, de http://www.fao.org/faostat/en/#home

Favila T., A. (2024). Análisis de los Cultivos Estratégicos Básicos de México, a través del Índice de Autosuficiencia Alimentaria, 2011-2020. *Espacio I+D, Innovación Más Desarrollo, 13*(35), 33–51. https://doi.org/https://doi.org/10.31644/IMASD.35.2024.a03

Herbert R., M., Mora F., J. S., Martínez D., M. A. y García M., R. (2010). Impacto económico de la Ley Federal de Sanidad Vegetal en el mercado mexicano de limón persa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *1*(3), 321–333. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000300004&lng=es&tlng=es

López-Hernández, W. A., Garza-Bueno, L. E., Cruz-Galindo, B. y Nieto-Angel, R. (2019). Competitividad del limón persa en la región del Papaloapan, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *10*(4), 921–934. https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.408

Machuca M., P. R., Iglesias E., L. R., Intriago D., M. V. y Moreira G., M. C. (2018). Análisis de la evolución de la balanza comercial del ecuador, período 2009 – 2016. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, *4*(2), 73-82. https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/mikarimin/article/view/906/331

Martínez, M. F., Beltrán L., H. y Orduz-Rodríguez, J. O. (2020). Capítulo I: Generalidades del cultivo, descripción botánica, variedades y fenología de la lima ácida Tahití. En Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) (Eds.), *Modelo productivo de lima ácida Tahití (Citrus × latifolia Tanaka ex Q. Jiménez) para Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). http://hdl.handle.net/20.500.12324/36788

Nuñez B., E. Y., Revilla C., A., Hernandez M., N. y Luquez G., C. E. (2023). Análisis del comercio de mango en el marco del T-MEC, un análisis de competitividad. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *24*(2), e3267.

https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:3267

Pat-Fernández, V., Caamal-Cauich, I., Jerónimo-Ascencio, F. y Mendoza-Tornez, R. (2015). Costos y competitividad de la producción del limón persa en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz. En L. Pérez, F., Figueroa, E. y Godínez (Eds.), *Ciencias Sociales: Economía y Humanidades* (pp. 295–308). ECORFAN. https://www.researchgate.net/publication/299483247_Costos_y_competitividad_de_la_produccion_del_limon_persa_en_el_municipio_de_Martinez_de_la_Torre_Veracruz

Pat-Fernández, V. G., Caamal-Cauich, I., & Caamal-Pat, Z. H. (2017). Comportamiento y competitividad del mango de México en el mercado mundial. En L. Pérez, F., Figueroa, E. y Godínez (Eds.), *Ciencias Sociales: Economía y Humanidades* (pp. 77–92). ECORFAN. https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias-ECOH-T_III/HCSEH_TIII_6.pdf

Pierdant R., A.I. y Rodríguez F., J. (2006). Porcentajes, proporciones, razones, coeficientes e incrementos. En *Elementos básicos para ciencias sociales* (pp. 41–55). Universidad Autónoma Metropolitana. https://publicaciones.xoc.uam.mx/TablaContenidoLibro.php?id_libro=210

Ramadugu, C., Razi, M. F., Keremane, M. L., Scora, R. W. y Roose, M. L. (2019). Systematic Classification, Distribution and Botany. En F. Khan, M. M., Al-Yahyai, R. y Al-Said (Eds.), *The Lime: Botany, Production and uses* (pp. 12–36). CAB International. https://doi.org/10.1079/9781780647845.0012.

Rodríguez-López, M. D., Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V. G., Perales-Salvador, A. y Barrios-Puente, G. (2024). Índices de competitividad del chile verde producido en México en el mercado mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *15*(8), e3056. https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v15i8.3056

Sistema de Consulta de Comercio Exterior en México (SICVI). (2026). *Estadísticas de comercio exterior del NICO: 0805.50.03.02 Limón "sin semilla" o lima persa (Citrus latifolia)*. https://www.sicvi.mx/

Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2025). *Subsistema de información agrícola. Información estatal*. SADER-SIAP.

Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). (2022). *0805.50.02. Limón "sin semilla" o limón persa (Citrus latifolia)*. http://siavi.economia.gob.mx/

Valencia S., K. y Duana A., D. (2019). Los cítricos en México: análisis de eficiencia técnica. *Análisis económico*, *34*(87), 269–283. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-66552019000300269&script=sci_arttext#B18

Vargas-Canales, J. M., Guido-López, D. L., Rodríguez-Haros, B., Bustamante-Lara, T. I., Camacho-Vera, J. H y Orozco-Cirilo, S. (2020). Evolución de la especialización y competitividad de la producción de limón en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *11*(5), 1043–1056. https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2218

Zavala-Martínez, J. M., Caamal-Cauich, I. y Pat-Fernández, V. G. (2023). Comportamiento de variables económicas y de indicadores de comercio del mango mexicano. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, *20*(3), 332–346. https://doi.org/10.22231/asyd.v20i3.1454

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ECONÓMICAS QUE DETERMINAN LA PRODUCCIÓN DE LIMÓN PERSA EN MÉXICO[4]

Resumen

El limón persa es uno de los cítricos que más destacan en el mercado mexicano, catalogando al país como líder mundial en producción y exportación, lo que implica gran relevancia para su estudio económico. El objetivo del trabajo es analizar los factores determinantes de la producción del limón persa en México. Se realizó un modelo de regresión lineal múltiple con base en series temporales (2002-2023) obtenidas de fuentes oficiales como SIACON, FAOSTAT y CONAGUA y se obtuvieron las elasticidades parciales de producción. Los resultados mostraron que la superficie cosechada, el uso de fertilizantes y la temperatura media explican de manera significativa las variaciones en la producción. Los signos de los coeficientes obtenidos del modelo de regresión concuerdan con la literatura encontrada. En conclusión, la producción del limón persa depende principalmente de la superficie cosechada y de la temperatura, mostrando la importancia de incluir variables climáticas.

Palabras clave: cítrico, modelo de regresión lineal múltiple, series temporales, elasticidades parciales.

Abstract

The Persian lime is one of the most prominent citrus fruits on the Mexican market, making the country a world leader in its production and export, which makes its economic analysis particularly important. The aim of this study is to analyse the factors determining Persian lime production in Mexico. A multiple linear regression model was developed based on time series data (2002–2023) obtained from official sources such as SIACON, FAOSTAT and CONAGUA, and the partial elasticities of production were calculated. The results showed that the selected variables significantly explain the variations in production. The signs of the elasticities obtained from the regression model are consistent with the literature. In conclusion, Persian lime production depends mainly on the area under cultivation and temperature, highlighting the importance of including climatic variables.

Key words: citrus, multiple linear regression model, time series, partial elasticities.

[4] Artículo enviado a la revista: Acta Universitaria

4.1. Introducción

En México, el sector agropecuario ha sido una actividad económica fundamental, su participación en la producción nacional se ha ido reduciendo a lo largo de los años, pasando de representar el 13.5 % en 1965 al 3.7 % en 2024 (Banco Mundial, 2024)..La agricultura es una actividad económica pilar para la economía mexicana, siendo este el principal componente en el sector agropecuario y posicionando al país como el 12° productor de alimentos y en producción agrícola en el mundo (FAOSTAT, 2025; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), 2018).

Por su parte, el limón persa, es un cítrico de gran importancia para la economía mexicana que contribuye significativamente en la agroexportación mexicana, colocando a México en el líder mundial en producción y exportación de este cítrico (SADER, 2018).

Es por lo que, es de interés analizar los factores de producción, ya que permite que los agricultores identifiquen mejor los cambios y puedan tomar decisiones, considerando variaciones en las condiciones del mercado y, por otro lado, conocer aspectos tan significantes, como el crecimiento económico, la inversión, las desigualdades y el papel que juegan las políticas públicas (Cancino et al., 2021).

A pesar de la diversidad de estudios realizados, el análisis del sector agrícola requiere una actualización constante, debido a su relevancia económica y a los cambios que ha experimentado en términos de producción, productividad y uso de recursos. Durante las últimas seis décadas, la producción agrícola mundial se ha cuadruplicado, mientras que la población casi se ha triplicado, lo que se ha reflejado en un incremento de la producción agrícola per cápita, lo que ha mostrado que la producción cambia en magnitud y estructura (Fuglie et al., 2024).

En este contexto, y considerando la dinámica del sector agrícola, el estudio de cultivos específicos requiere de atención. En el caso del limón persa, si bien su importancia económica ha sido de gran reconocimiento, el análisis de los factores determinantes que influyen en su producción es limitado. Algunos estudios

realizados sobre este cultivo abordan aspectos de producción, comercialización, competitividad, entre otros, lo que permite tener una visión inicial sobre los factores que afectan el comportamiento productivo.

En referencia al análisis de los determinantes de la producción agrícola, destacan (López-López et al., 2026), quienes identificaron los factores económicos que determinan la producción de café en México, mediante un modelo de regresión lineal múltiple con bases en series temporales. Los resultados obtenidos mediante mínimos cuadrados ordinarios evidenciaron que las variables seleccionadas (superficie cosechada, precios reales y precios rezagados) contribuyen a explicar de manera significativa las variaciones en la producción cafetalera durante el periodo 1980-2024.

Por su parte, Franco et al. (2025) analizaron los factores que influyen en la productividad agrícola de los principales cultivos en la provincia de Los Ríos, Ecuador durante el periodo 2010–2024, a través de un modelo de regresión lineal múltiple, fundamentado en el modelo de crecimiento neoclásico de Solow. Los autores concluyeron que la disponibilidad de recursos y combinación de factores influyen en la productividad, revelando la importancia de considerar variables tecnológicas y climáticas en los modelos

Asimismo, Bautista-Mayorga et al. (2020) estudiaron el mercado de naranja en fresco en México, durante el periodo 1980-2018, identificando los principales factores determinantes de la producción y demanda de naranja en fresco en México, mediante ecuaciones simultáneas que incluyen variables tales como, precios, fertilizantes y temperatura, demostrando la importancia de incluir variables económicas y ambientales en conjunto para el análisis de cultivos. Los resultados mostraron que uno de los factores más determinantes del cítrico es la temperatura

El objetivo principal del presente trabajo fue estimar una función de producción para el cultivo de limón persa a nivel nacional, con la finalidad de analizar la influencia de los principales factores productivos que determinan su nivel de producción en México. A través de este enfoque, se busca identificar la

contribución de dichos factores y su dinámica con el cultivo, con lo cual se permita contribuir al análisis del sector agrícola del país.

4.2. Materiales y Métodos

La metodología del presente estudio se realizó en diferentes fases, inicialmente para definir las variables que explican las variaciones de la producción de limón persa en México se llevó a cabo una revisión de literatura, después se recopilaron los valores de las variables, tomando en cuenta el periodo de 2002 a 2023, se formuló una base de datos, la cual fue empleada para estimar el modelo econométrico mediante el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System).

4.2.1. Definición de variables y fuentes de información

Las variables ya definidas se obtuvieron de diferentes fuentes de información, los valores de la producción y de la superficie cosechada se obtuvieron del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), el valor de la variable fertilizantes se obtuvo de la base de datos de la FAO, la FAOSTAT, mientras que los valores de la variable temperatura media se obtuvieron de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

4.2.2. Formulación del modelo econométrico

El método empleado en el presente trabajo se basa en la función de producción para analizar la relación entre la producción y los factores determinantes en el proceso productivo del limón persa. De acuerdo con Vargas (2025) la manera reducida de una función de producción se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$Q = f(L, K) \qquad \text{Ec. 1}$$

Donde:

Q= Cantidad de producción

L=Trabajo

K= Capital

Esta función se ajustó de acuerdo con la disponibilidad de variables, a través de una serie de tiempo anual, del periodo de 2002 a 2023, con el fin de determinar el efecto de las variables en la producción de limón persa. El modelo de regresión lineal múltiple es el siguiente:

$$lnQ_t = \beta_0 + \beta_1 ln(SCOS_t) + \beta_2 ln(FERT_{t-1}) + \beta_3 ln(TMEDIA_t) + e \qquad \text{Ec.2}$$

Donde:

Q_t= Producción de limón persa en México en el año t

β_0= Intercepto de la función de producción de limón persa en México

β_1, β_2 y β_3= Parámetros de las variables del modelo.

$SCOS_t$= Superficie cosechada de limón persa en México en el año t

$FERT_{t-1}$= Fertilizante usado en México en el año t-1 (variable rezagada)

$TMEDIA_t$= Temperatura media en México en el año t

Por consiguiente, al ser un modelo doble logaritmo, los coeficientes obtenidos se interpretan directamente como las elasticidades parciales de la producción de limón persa en México.

Se tomó en cuenta el fertilizante como una variable rezagada en un periodo, debido a que los nutrientes aplicados al suelo pueden generar efectos acumulativos y residuales sobre la disponibilidad nutrimental y el rendimiento de los cultivos perennes como los cítricos (Aburto-González et al., 2021).

4.2.3. Variables del modelo econométrico

Producción de limón persa en México (Q). Es la variable dependiente del modelo y se expresa en toneladas. Los datos son anuales y se obtuvieron del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON).

Superficie cosechada de limón persa en México (SCOS). Es una variable explicativa del modelo y se expresa en hectáreas. Los datos son anuales y se obtuvieron del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON).

Fertilizante usado en México (FERT). Es una variable explicativa del modelo y se expresa en toneladas. Los datos son anuales y se obtuvieron de la base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la FAOSTAT.

Temperatura media en México (TMEDIA). Es una variable explicativa del modelo y se expresa en (°C). Los datos son anuales y se obtuvieron de la base de datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

4.2.4. Estimación del modelo econométrico

Con base en el enfoque de producción, el modelo a estimar es una regresión lineal múltiple, trabajando bajo los supuestos y propiedades del método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), la cual se realizó de forma logarítmica con el fin de linealizar la función (Gujarati, D. N. y Porter, 2010).

La estimación del modelo econométrico y el análisis de la relación de las variables independientes sobre la dependiente se realizó con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System).

4.3. Resultados

4.3.1. Comportamiento de las variables explicativas del modelo econométrico de la producción de limón persa en México

Durante el periodo de 2002 a 2023, la producción de limón persa en México creció un 220.94 %, pasando de 505,939.59 a 1,623,784.81 toneladas; la superficie cosechada creció un 163.41 %, pasando de 40,308.20 a 106,177.62 hectáreas; el uso de fertilizantes en el país creció en un 108.46 %, pasando de 3,203,504 a 3,203,504 toneladas; mientras que alrededor de las dos décadas la temperatura aumentó 0.09 °C (CONAGUA, 2026; FAOSTAT, 2025; SIACON, 2025). En

general, los datos muestran que las variables explicativas del modelo de regresión lineal múltiple tuvieron una tendencia creciente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables del modelo econométrico de producción de limón persa en México.

Año	Producción	Superficie cosechada	Uso de fertilizantes	Temperatura media
2002	505,939.59	40,308.20	3,203,504.00	20.9
2003	575,191.50	44,497.10	3,410,888.00	20.9
2004	642,429.82	45,201.75	3,354,026.00	21.1
2005	545,180.75	42,887.90	3,597,104.00	21.7
2006	523,946.28	45,760.47	707,900.00	22
2007	607,216.71	51,366.46	5,099,348.00	21.7
2008	833,401.98	55,763.87	4,317,385.00	21.6
2009	823,219.67	58,242.71	3,619,772.00	21.4
2010	766,830.56	60,281.56	3,452,438.00	21.5
2011	862,226.94	64,308.67	3,161,322.00	21.8
2012	920,083.52	67,044.16	4,827,346.00	21.8
2013	1,006,192.55	69,834.64	5,036,362.00	21.7
2014	1,066,441.60	74,601.90	5,143,776.00	21.6
2015	1,158,974.14	80,862.57	5,367,996.00	21.8
2016	1,246,219.32	83,683.59	6,766,263.00	22.1
2017	1,217,250.36	86,705.76	7,778,873.00	22.4
2018	1,239,103.95	90,185.37	8,494,142.00	22.1
2019	1,322,629.50	93,444.69	5,672,066.00	22.4
2020	1,447,416.04	94,594.99	7,058,767.00	22.4
2021	1,502,540.56	99,440.21	6,113,865.00	22
2022	1,568,608.36	102,636.66	6,005,805.00	22
2023	1,623,784.81	106,177.62	6,677,866.00	22.7
TC	220.94	163.41	108.45	1.8

Fuente: Elaboración propia con datos de Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2026; FAOSTAT, 2025; Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), 2025.

4.3.2. Modelo econométrico estimado de la producción de limón persa en México

En general, los resultados obtenidos de la estimación del modelo de regresión lineal múltiple de la producción de limón persa en México mostraron estadísticos consistentes y signos de los coeficientes de las variables explicativas, congruentes con la literatura (Cuadro 2), mantienen congruencia con las relaciones teóricas económicas y coinciden con resultados obtenidos en otros estudios similares.

Cuadro 2. Resultados del modelo de regresión lineal múltiple estimado de la producción de limón persa en México.

	Valor F	Pr > F	
F	335.3	<.0001	
R2/R2ajustada	0.9834	0.9804	
	Estimación de parámetros	Valor de t	pr>|t|
Intercepto	5.05074	2.23	0.0398
LSCOS	1.23101	17.76	<.0001
LFERT_1	0.0523	1.78	0.0934
LTMEDIA	-1.87883	-2.13	0.048
Normalidad	Estadístico	P valor	
Shapiro-Wilk	0.970149	0.7363	
Heterocedasticidad	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq	
Chi-cuadrado	5.61	0.7778	
Multicolinealidad	Tolerancia	Inflación de varianza	
Intercepto	.	0	
LSCOS	0.29814	3.35415	
LFERT_1	0.55797	1.7922	

LTMEDIA	0.41654	2.4007
Autocorrelación	Durbin-Watson	Autocorrelación de 1er orden
	1.968	-0.031
Pr < DW / Pr > DW	0.3432	0.6568

Fuente: Elaborado con base en la salida de la regresión estimada en SAS, 2026.

De acuerdo con el coeficiente de determinación (R^2), indica una bondad de ajuste del 98.34 %, lo que indica que la función de producción de limón persa en México se explica en 98.34 % por las variables incluidas en el modelo (SCOS, FERT_1 y TMEDIA).

El modelo presenta una prueba global de F altamente significativa (Prob > |f|) es menor que el nivel de significancia (α=0.1), lo que indica que las variables independientes (SCOS, FERT_1 y TMEDIA) incluidas en el modelo explican de manera conjunta las variaciones observadas en la producción de limón persa. Por su parte, las pruebas parciales de t (Prob > |t|) fueron menores que 0.1. Estos resultados indican que los parámetros pasan la prueba de significancia de acuerdo con el valor de t a la probabilidad de las variables, siendo que los parámetros son significativos o, en otras palabras, las variables (COS, FERT_1 y TMEDIA) explican individualmente la variable dependiente, la producción de limón persa en México.

En un modelo previo se habían considerados otras variables como sector primario, plaguicidas, crédito y precipitación, pero se mantuvo el principio de parsimonia en la modelación econométrica, para mantener aquellas variables pertinentes e importantes que aportan significancia estadística dentro del modelo.

Por su parte, el estadístico de normalidad, Shapiro-Wilk (Prob > α; 0.7363 > 0.1) indica que los residuos se distribuyen de manera normal; mientras que el Chi-cuadrado (Prob > α; 0.7778 > 0.1), la inflación de varianza y la prueba de Durbin-Watson permitieron descartar problemas de heteroscedasticidad, multicolinealidad y autocorrelación, respectivamente (Cuadro 2).

Función de producción de limón persa en México

Con los coeficientes resultantes del modelo de regresión lineal múltiple, se obtuvo la siguiente función:

$$Q = 5.05074 + 1.23101(SCOS) + 0.0523(FERT) - 1.87883(TMEDIA) \qquad \text{Ec. 3}$$

4.3.3. Elasticidades de la producción de limón persa en México

En el análisis de regresión múltiple considerar el análisis *ceteris paribus* sirve para controlar de manera explícita varios factores que afectan de manera simultánea a la variable dependiente (Wooldridge, 2010). En el caso de las elasticidades, este análisis se sigue aplicando, ya que permite aislar una variable del resto de las demás variables mientras permanecen constantes, lo que facilita estudiarla y observar sus cambios, por separado. Por tanto, en el análisis de las elasticidades se analizará cada variable aislada del resto bajo el concepto de *ceteris paribus*.

La elasticidad de la producción de limón persa con respecto a la superficie cosechada es de 1.23101, es decir que, ante un incremento del 1 % de la superficie cosechada, la producción de limón persa aumenta en un 1.23 %.

La elasticidad de la producción de limón persa con respecto a la cantidad usada de fertilizantes es de 0.0523, lo que indica que, ante un incremento del 1 % del uso fertilizantes, la producción de limón persa aumenta en un 0. 0523 %.

Por su parte, la elasticidad de la producción de limón persa con respecto a la temperatura media es de 1.87883, es decir que, ante un incremento del 1 % en la temperatura media, provoca una disminución del 1.87 % en la producción de limón persa.

4.4. Discusión

En general, los resultados obtenidos de la estimación del modelo de regresión lineal múltiple de la producción de limón persa en México mostraron estadísticos consistentes y signos de los coeficientes de las variables explicativas,

congruentes con la literatura mantienen congruencia con las relaciones teóricas económicas y coinciden con resultados obtenidos en otros estudios similares.

En el análisis de regresión múltiple considerar el análisis *ceteris paribus* sirve para controlar de manera explícita varios factores que afectan de manera simultánea a la variable dependiente (Wooldridge, 2010). En el caso de las elasticidades, este análisis se sigue aplicando, ya que permite aislar una variable del resto de las demás variables mientras permanecen constantes, lo que facilita estudiarla y observar sus cambios, por separado. Por tanto, en el análisis de las elasticidades se analizará cada variable aislada del resto bajo el concepto de *ceteris paribus*.

El valor obtenido de la elasticidad de la producción con respecto a la superficie cosechada indica que la expansión de la tierra destinada al cultivo ha tenido un impacto proporcional en el volumen producido, lo que demuestra una relación positiva y significativa, lo cual es consistente con lo señalado por Pérez y Nava (2021). quienes muestran que, en la evolución de la citricultura mexicana, en el caso del limón, el cultivo ha mantenido una tendencia de crecimiento debido a la ampliación de la superficie.

El coeficiente positivo obtenido para la variable rezagada concuerda con lo reportado por diversos estudios, que muestran que la aplicación adecuada de fertilizantes aumenta la eficiencia productiva del cultivo (Aburto-González et al, 2021; Dorado et al., 2015). En el modelo, el uso de fertilizantes se agregó con un rezago de un periodo, esto se debe a la naturaleza perenne del árbol de limón persa, en general de los cítricos, cuyo proceso de absorción de nutrientes y crecimiento tiene un efecto intertemporal, o, en otras palabras, la nutrición del suelo aplicada en el ciclo anterior manifiesta sus efectos en la cosecha del ciclo siguiente.

Por su parte, el valor de la elasticidad de la producción de limón persa con respecto a la temperatura media demuestra que el cultivo es vulnerable ante el cambio climático y las temperaturas elevadas (Consejo de Productores y

Exportadores de Limón Persa A.C. (COPELP), 2024; Rosales, 2020; United States Department of Agriculture (USDA), 2025).

4.4. Conclusiones

El modelo estimado muestra una alta capacidad explicativa (R^2=0.9834) y una alta significancia global, lo que sugiere solidez estructural del modelo elegido. Asimismo, los resultados obtenidos del modelo de regresión lineal múltiple de la producción de limón persa en México muestran que los factores que afectan en mayor proporción son la superficie cosechada y la temperatura, mientras que el fertilizante es el factor que menos efecto tiene sobre la producción. Los signos de los parámetros estimados son congruentes con lo encontrado en la literatura, la relación de la superficie cosechada y la producción es positiva, la relación entre el uso de fertilizantes y la producción es positiva, mientras que la relación entre la temperatura media y la producción es negativa. En conjunto, los hallazgos obtenidos permiten sugerir que elementos como el manejo agronómico, el uso eficiente de insumos y el clima son importantes en la producción nacional.

4.5. Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo otorgado mediante la beca de posgrado que hizo posible la realización de este trabajo.

4.6. Literatura citada

Aburto-González, C. A., Castillo-González, A. M., Alejo-Santiafo, G., López-Bueno, B. A. Juárez-López, P., López-Guzmán, G. G. y Enciso-Arámbula, R. (2021). NUTRICIÓN DE LIMÓN PERSA (Citrus latifolia TANAKA) MEDIANTE EL ENFOQUE DEL MÉTODO RACIONAL. *Interciencia*, *46*(1), 37–42. https://www.redalyc.org/journal/339/33965751006/html/

Banco Mundial. (2024). *Agricultura, silvicultura y pesca, valor agregado (% del PIB)*. https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS?end=2024&start=1960

Bautista-Mayorga, F., García-Salazar, J. A. y Reyes-Santiago, E. (2020). Análisis económico del mercado de la naranja (Citrus x sinensis Osbeck) en fresco en México, periodo 1980-2018. *Agroproductividad*, *13*(5), 27–33. https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1536

Cancino, S. E., Cancino E., G. O. y Quevedo G., E. (2021). Determinación de una función Cobb-Douglas en la producción de durazno en Colombia. *Panorama Económico*, *29*(3), 160–171. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9611395

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2026). *Resúmenes Mensuales de Lluvia y Temperatura*. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias

Consejo de Productores y Exportadores de Limón Persa A.C. (COPELP). (2024). *PERSIAN LIME INDUSTRY EXTREME HEAT AND DROUGHT STATEMENT*. *01*(232), 93600. http://www.copelp.org.mx/

Dorado G., D., Grajales, L. C. y Ríos R., L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití Citrus latifolia Tanaka (Rutaceae). *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*, *16*(1), 87–93. https://www.redalyc.org/pdf/4499/449944864007.pdf

FAOSTAT. (2025). *Base de datos estadísticos de la FAO*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 5 de marzo de 2026 de http://www.fao.org/faostat/en/#home

Franco F., A. S., Peñafiel T., M. F., Suárez T., S. S. y Gómez G., F. L. (2025). Análisis de los determinantes de la productividad agrícola en la provincia de Los Ríos Analysis of the determinants of agricultural productivity in the province of Los Ríos Resumen. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *6*(4), 468 – 483. https://doi.org/https://doi.org/10.56712/latam.v6i4.4279

Fuglie, K., Morgan, S. and Jeliffe, J. (2024). *Global Changes in Agricultural Production, Productivity, and Resource Use Over Six Decades*. United States Department of Agriculture (USDA). https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2024/september/global-changes-in-agricultural-production-productivity-and-resource-use-over-six-decades?utm

Gujarati, D. N. y Porter, D. C. (2010). *Econometría* (5a ed.). https://bibliotecadigital.uce.edu.ec/s/L-D/item/619#?c=&m=&s=&cv=

López-López, N., Caamal-Cauich, I. y Ávila-Dorantes, J. A. (2026). Análisis de los factores que determinan la producción de café en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *17*(4), 1–11. https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v17i4.4108

Pérez L., Oscar y Nava T., M. E. (2021). Vista de Evolución de la citricultura mexicana (1993-2018).El caso del municipio de Gutiérrez Zamora, Veracruz _ Revista de Geografía Agrícola.pdf. *Revista De Geografía Agrícola*, *67*, 09–25. https://doi.org/https://doi.org/10.5154/r.rga.2021.67.01

Rosales M., V. et al. (2020). Percepción de citricultores ante el efecto del cambio climático en Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(4), 727–740. https://doi.org/https://www.google.com/url?q=https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.1898&sa=D&ust=1594849330126000&usg=AOvVaw2DIbwD9N8zmNbEWoha3mtw

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2018). *Limón mexicano, único en el mundo*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/limon-mexicano-unico-en-el-mundo

Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2025). *Subsistema de información agrícola. Información estatal*. SADER-SIAP.

United States Department of Agriculture (USDA). (2025). *Citrus Annual*. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Citrus Annual_Monterrey ATO_Mexico_MX2024-0063.pdf

Vargas B., B. E. (2025). La Función de producción COBB - DOUGLAS. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, *8*(8), 67–74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2014000200006&lng=es&tlng=es

Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno* (4a ed.). https://econometriauca.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/01/wooldridge-jeffrey-2010-introduccic3b3n-a-la-econometrc3ada-4ed.pdf

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES

A lo largo de los años, la producción se ha incrementado, ganando más importancia en el mercado internacional y en la economía mexicana, lo que confirma la capacidad agroexportadora y la balanza comercial superavitaria del país, mostrando una complementariedad entre el desempeño comercial y el productivo. El análisis comercial mostró que el aumento en el volumen de la producción ha permitido generar excedentes que son suficientes para su exportación y mantener el abastecimiento del mercado interno, reflejando la competitividad de México en la producción y comercio de limón persa.

Por su parte, los coeficientes estimados, elasticidades, confirmaron una relación estadísticamente significativa con el volumen de producción. Por consiguiente, el modelo econométrico determinó que el crecimiento en la producción responde a la expansión de la superficie cosechada, al uso eficiente de fertilizantes y a condiciones óptimas de la temperatura.

Finalmente, el limón persa en México tiene una evidente orientación exportadora que se debe a su relación directa con su capacidad productiva. Mientras que, las variaciones en el volumen producido de limón persa responden a factores de producción tradicionales (tierra e insumos) como a condiciones agroclimáticas.

LITERATURA CITADA

Aburto-González, C. A., Castillo-González, A. M., Alejo-Santiafo, G., López-Bueno, B. A. Juárez-López, P., López-Guzmán, G. G. y Enciso-Arámbula, R. (2021). NUTRICIÓN DE LIMÓN PERSA (Citrus latifolia TANAKA) MEDIANTE EL ENFOQUE DEL MÉTODO RACIONAL. *Interciencia*, *46*(1), 37–42. https://www.redalyc.org/journal/339/33965751006/html/

Arias, F. y Suarez, E. (2016). Comportamiento de las exportaciones de limón persa (Citrus latifolia tanaka) al mercado de los Estados Unidos. *Journal of Agriculture and Animal Science*, *5*(2), 22–33. https://doi.org/10.22507/jals.v5n2a2

Banco Mundial. (2024). *Agricultura, silvicultura y pesca, valor agregado (% del PIB)*. https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS?end=2024&start=1960

Barrera Rojas, M. Á., Sánchez Zavalegu, R. A., Flores Rodríguez, J. R., Mex Castillo, R. del C., & Figueroa Chay, J. F. (2022). Una hipótesis sobre el incremento del precio del limón en México, 2022. *Ciencia e Interculturalidad*, *31*(02), 98–117. https://doi.org/10.5377/rci.v31i02.15183

Bautista-Mayorga, F., García-Salazar, J. A. y Reyes-Santiago, E. (2020). Análisis económico del mercado de la naranja (Citrus x sinensis Osbeck) en fresco en México, periodo 1980-2018. *Agroproductividad*, *13*(5), 27–33. https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1536

Bóbeda, G. R. R., Mazza, S. M., Rico, N., Brenes Pérez, C. F., Gaiad, J. E., & Díaz Rodríguez, S. I. (2023). About identification of features that affect the estimation of citrus harvest. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias, 55*(1), 65–74. https://doi.org/https://doi.org/10.48162/rev.39.096

Burhansyah, R. & Kilmanun, J. C. (2022). Economic of Pontianak Citrus (Citrus nobilis var. microcarpa) Production in Sambas Regency, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, *361*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236102020

Caamal Cauich, I., Pat Fernández, V. G., Jerónimo Ascencio, F., Santoyo Rodríguez, L. E., & Ramos García, J. G. (2014). Análisis de los costos de producción del limón persa en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, *2*(1), 10–18. https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v2i1.239

Cancino, S. E., Cancino E., G. O. y Quevedo G., E. (2021). Determinación de una función Cobb-Douglas en la producción de durazno en Colombia. *Panorama Económico*, *29*(3), 160–171. https://doi.org/10.32997/pe-2021-3649

Castaño E. S., G. A. y V. (2015). *IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/283090395_Importacion_y_Exportacion

Christensen, L. R., Jorgenson, D. W., Lau, L. J. (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers. *The Review of Economics and Starisrics*, *55*(1), 28–45. https://msuweb.montclair.edu/~lebelp/ChristJorgTRLGPFREAS1973.pdf

Cital G., P. V. y Bonales V., J. (2023). Miel de Abeja de México en el mercado mundial,2005-2020. *CIMEXUS*, *18*(2), 133–154. https://doi.org/https://doi.org/10.33110/cimexus180207

Colin C., S., Aguilar B., I. y Mesa J., M. A. (2024). Explorando la eficiencia técnica de la producción agrícola en tres regiones de México. *Nóesis: Revista de Ciencias Sociales*, *33*(66), 21–38. https://doi.org/10.20983/noesis.2024.2.2

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2026). *Resúmenes Mensuales de Lluvia y Temperatura*. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias

Consejo de Productores y Exportadores de Limón Persa A.C. (COPELP). (2024). *PERSIAN LIME INDUSTRY EXTREME HEAT AND DROUGHT*

STATEMENT. *01*(232), 93600. http://www.copelp.org.mx/

Debertin, D. L. (2012). *Agricultural Production Economics* (2a ed.). https://uknowledge.uky.edu/agecon_textbooks/1/?utm

Dorado G., D., Grajales, L. C. y Ríos R., L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití Citrus latifolia Tanaka (Rutaceae). *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*, *16*(1), 87–93. https://www.redalyc.org/pdf/4499/449944864007.pdf

FAOSTAT. (2025). *Base de datos estadísticos de la FAO*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. http://www.fao.org/faostat/en/#home

Favila T., A. (2024). Análisis de los Cultivos Estratégicos Básicos de México, a través del Índice de Autosuficiencia Alimentaria, 2011-2020. *Espacio I+D, Innovación Más Desarrollo, 13*(35), 33–51. https://doi.org/https://doi.org/10.31644/IMASD.35.2024.a03

Fernández Lambert, G., Aguilar Lasserre, A., Azzaro-Pantel, C., Miranda-Ackerman, M. A., Purroy Vázquez, R., & del Rosario Pérez Salazar, M. (2015). Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (Citrus latifolia tanaka) in the seasonal orchard. *Computers and Electronics in Agriculture*, *116*, 162–172. https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.06.007

Franco F., A. S., Peñafiel T., M. F., Suárez T., S. S. y Gómez G., F. L. (2025). Análisis de los determinantes de la productividad agrícola en la provincia de Los Ríos Analysis of the determinants of agricultural productivity in the province of Los Ríos Resumen. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *6*(4), 468 – 483. https://doi.org/https://doi.org/10.56712/latam.v6i4.4279

Fuglie, K., Morgan, S. and Jeliffe, J. (2024). *Global Changes in Agricultural Production, Productivity, and Resource Use Over Six Decades*. United

States Department of Agriculture (USDA). https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2024/september/global-changes-in-agricultural-production-productivity-and-resource-use-over-six-decades?utm

Gujarati, D. N. y Porter, D. C. (2010). *Econometría* (5a ed.).

Herbert R., M., Mora F., J. S., Martínez D., M. A. y García M., R. (2010). Impacto económico de la Ley Federal de Sanidad Vegetal en el mercado mexicano de limón persa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *1*(3), 321–333. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000300004&lng=es&tlng=es

López-Hernández, W. A., Garza-Bueno, L. E., Cruz-Galindo, B. y Nieto-Angel, R. (2019). Competitividad del limón persa en la región del Papaloapan, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *10*(4), 921–934. https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.408

López-López, N., Caamal-Cauich, I. y Ávila-Dorantes, J. A. (2026). Análisis de los factores que determinan la producción de café en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *17*(4), 1–11. https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v17i4.4108

Machuca M., P. R., Iglesias E., L. R., Intriago D., M. V. y Moreira G., M. C. (2018). Análisis de la evolución de la balanza comercial del ecuador, período 2009 – 2016. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, *4*(2), 73-82. https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/mikarimin/article/view/906/331

Martínez, M. F., Beltrán L., H. y Orduz-Rodríguez, J. O. (2020). Capítulo I: Generalidades del cultivo, descripción botánica, variedades y fenología de la lima ácida Tahití. En Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) (Eds.), *Modelo productivo de lima ácida Tahití (Citrus × latifolia Tanaka ex Q. Jiménez) para Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). http://hdl.handle.net/20.500.12324/36788

Nazario-Lezama, N., Estrella-García, A. G., Ramírez-Martínez, A., Sánchez-

Hernández, S., & Osorio-Acosta, F. (2025). FACTORES QUE INCIDEN EN LA RECONVERSIÓN PRODUCTIVA DE Coffea arabica A Citrus latifolia EN TLALTETELA, VERACRUZ, MÉXICO †. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *28*(2). https://doi.org/10.56369/tsaes.5636

Nuñez B., E. Y., Revilla C., A., Hernandez M., N. y Luquez G., C. E. (2023). Análisis del comercio de mango en el marco del T-MEC, un análisis de competitividad. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *24*(2), e3267. https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:3267

Pat-Fernández, V. G., Caamal-Cauich, I., y Caamal-Pat, Z. H. (2017). Comportamiento y competitividad del mango de México en el mercado mundial. En L. Pérez, F., Figueroa, E. y Godínez (Eds.), *Ciencias Sociales: Economía y Humanidades* (pp. 77–92). ECORFAN. https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias-ECOH-T_III/HCSEH_TIII_6.pdf

Pat-Fernández, V., Caamal-Cauich, I., Jerónimo-Ascencio, F. y Mendoza-Tornez, R. (2015). Costos y competitividad de la producción del limón persa en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz. En L. Pérez, F., Figueroa, E. y Godínez (Eds.), *Ciencias Sociales: Economía y Humanidades* (pp. 295–308). ECORFAN. https://www.researchgate.net/publication/299483247_Costos_y_competitividad_de_la_produccion_del_limon_persa_en_el_municipio_de_Martinez_de_la_Torre_Veracruz

Pérez-Fernández, A., Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V. G., Martínez-Luis, D., & Reza-Salgado, J. (2018). ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL CRECIMIENTO DEL SECTOR AGRÍCOLA DE MÉXICO. *Agro Productividad*, *11*(1), 131–135.

Pérez L., Oscar y Nava T., M. E. (2021). Vista de Evolución de la citricultura mexicana (1993-2018).El caso del municipio de Gutiérrez Zamora, Veracruz _ Revista de Geografía Agrícola.pdf. *Revista De Geografía*

Agrícola, *67*, 09–25. https://doi.org/https://doi.org/10.5154/r.rga.2021.67.01

Pierdant R., A.I. y Rodríguez F., J. (2006). Porcentajes, proporciones, razones, coeficientes e incrementos. En *Elementos básicos para ciencias sociales* (pp. 41–55). Universidad Autónoma Metropolitana. https://publicaciones.xoc.uam.mx/TablaContenidoLibro.php?id_libro=210

Pinem, N. F., Pohan, A. R., & Gunawan, R. (2021). Analysis of factors affecting strawberry farming (case: Dolat Rayat District, Karo Regency). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *782*(2). https://doi.org/10.1088/1755-1315/782/2/022043

Ramadugu, C., Razi, M. F., Keremane, M. L., Scora, R. W. y Roose, M. L. (2019). Systematic Classification, Distribution and Botany. En F. Khan, M. M., Al-Yahyai, R. y Al-Said (Eds.), *The Lime: Botany, Production and uses* (pp. 12–36). CAB International. https://doi.org/10.1079/9781780647845.0012.

Rivera-Hernández, B., Garruña-Hernández, R., Santamaría-Basulto, F., Andrade-Torres, J. L., Carrillo-Ávila, E., & Andueza-Noh, R. H. (2020). Lime yield (Citrus×latifolia Tanaka ex Q. Jiménez) and fruit quality in winter season from orchards mainteined with different soil moisture tension. *Agro Productividad*, *13*(2), 83–88. https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1617

Romero B., R. (2017). *Caracterización y análisis de los agentes clave de la cadena de valor de limón persa en el municipio de Misantla, Veracruz* [Colegio de Postgraduados]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3652/Romero_Balam_R_MC_;jsessionid=ECCD9D33F6C9F7AF3EEE54491158CBF2?sequence=1

Rodríguez-López, M. D., Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V. G., Perales-Salvador, A. y Barrios-Puente, G. (2024). Índices de competitividad del chile verde producido en México en el mercado mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *15*(8), e3056. https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v15i8.3056

Rosales M., V. et al. (2020). Percepción de citricultores ante el efecto del cambio climático en Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(4), 727–740. https://doi.org/https://www.google.com/url?q=https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.1898&sa=D&ust=1594849330126000&usg=AOvVaw2DIbwD9N8zmNbEWoha3mtw

Santamaria M., E. A. y Gutiérrez A., E. E. (2022). Competitividad Internacional de Productos Agrícolas Mexicanos para impulsar sus Cadenas de Valor, 2019. *VinculaTégica EFAN*, *8*(1), 170–182. https://doi.org/https://doi.org/10.29105/vtga8.1-189

Schwentesius R., R. y Gómez C., M. A. (2005). Caracterización de la Producción de Limón Persa. En *Limón Persa. Tendencias en el mercado mexicano* (1a ed., pp. 55–76). Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecológicas de la Agroindutria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/ace34b59-9b6f-433a-8a14-36a9ea218319/content

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2018). *Limón mexicano, único en el mundo*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/limon-mexicano-unico-en-el-mundo

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). *Escenario mensual de productos agroalimentarios*. https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/documentos/reporte-mensual-de-escenarios-de-13-productos-agroalimentarios-357959

Sistema de Consulta de Comercio Exterior en México (SICVI). (2026). *Estadísticas de comercio exterior del NICO: 0805.50.03.02 Limón "sin semilla" o lima persa (Citrus latifolia)*. https://www.sicvi.mx/

Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2025). *Subsistema de información agrícola. Información estatal*. SADER-SIAP.

Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). (2022). *0805.50.02. Limón "sin semilla" o limón persa (Citrus latifolia)*. http://siavi.economia.gob.mx/

United States Department of Agriculture (USDA). (2025). *Report Name : Citrus Annual*. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileNam

Valencia S., K. y Duana A., D. (2019). Los cítricos en México: análisis de eficiencia técnica. *Análisis económico*, *34*(87), 269–283. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-66552019000300269&script=sci_arttext#B18

Vargas B., B. E. (2014). La Función de producción COBB-DOUGLAS The role of production COBB-DOUGLAS. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, *8*(8), 67–74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2014000200006

Vargas-Canales, J. M., Guido-López, D. L., Rodríguez-Haros, B., Bustamante-Lara, T. I., Camacho-Vera, J. H y Orozco-Cirilo, S. (2020). Evolución de la especialización y competitividad de la producción de limón en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *11*(5), 1043–1056. https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2218

Verbeek, M. (2004). *A Guide to Modern Econometrics* (2a ed.). John Wiley & Sons Ltd.

Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno* (4a ed.).

Yousafzai, W. S., Ullah, I., Ali, A., Iqbal, M., & Khan, S. (2019). An analysis of allocative efficiency of growing onion in district swat Khyber Pakhtunkhwa. *Sarhad Journal of Agriculture*, *35*(4), 1185–1191. https://doi.org/10.17582/JOURNAL.SJA/2019/35.4.1185.1191

Zavala-Martínez, J. M., Caamal-Cauich, I. y Pat-Fernández, V. G. (2023). Comportamiento de variables económicas y de indicadores de comercio del mango mexicano. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, *20*(3), 332–346. https://doi.org/10.22231/asyd.v20i3.1454