



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RURALES

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA POLÍTICA PÚBLICA EN EL SECTOR CÁRNICO
PORCINO EN EL ESTADO DE MÉXICO, CON ÉNFASIS EN LA PEQUEÑA ESCALA**

PRESENTA

GABRIELA BERENICE VILCHIS GRANADOS

EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RURALES

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA POLÍTICA PÚBLICA EN EL SECTOR CÁRNICO
PORCINO EN EL ESTADO DE MÉXICO, CON ÉNFASIS EN LA PEQUEÑA ESCALA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA

GABRIELA BERENICE VILCHIS GRANADOS

COMITÉ DE TUTORES

DR. FRANCISCO ERNESTO MARTÍNEZ CASTAÑEDA

DRA. JULIETA GERTRUDIS ESTRADA FLORES

DR. NICOLÁS CALLEJAS JUÁREZ

EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, 2026.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1. Política pública en el sector porcino	13
2.2. Estructura de mercado en el sector porcino	17
2.3. Sostenibilidad productiva en el sector porcino de pequeña escala	22
3. JUSTIFICACIÓN	25
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	29
6. OBJETIVOS	30
6.1. Objetivo general	30
6.2. Objetivos específicos	30
7. MATERIALES Y MÉTODOS	31
8. RESULTADOS	34
8.1. Artículo 1. Vilchis Granados, G. B., Callejas Juárez, N., Estrada Flores, J. G., Núñez Espinoza, J. F., Rogers Montoya, N. A., & Martínez Castañeda, F. E. (2025). The dynamics of the pork-market structure in the State of Mexico, 2017–2021. Agro Productividad, 17(3). https://doi.org/10.32854/agrop.v17i3.3290	34
8.2. Artículo 2. Vilchis Granados, G. B., Callejas Juárez, N., Estrada Flores, J. G., Trujillo Ortega, M. E., & Martínez Castañeda, F. E. (2025). Connectivity and centralization in the movement of pigs in the state of Mexico (2017–2021): An approach to alignment with the Sustainable Development Goals (SDG). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 16(2), 306–327. https://doi.org/10.22319/rmcp.v16i2.6825	34
9. OTROS RESULTADOS	36
9.1. Ponencia en congreso internacional. Vilchis Granados, G. B., Martínez Castañeda, F.	

E., Callejas Juárez, N., & Perea Peña, M. (2026). Economic performance and cost structure of smallholder piglet production systems. En Proceedings of the 28th International Pig Veterinarian Society Congress (IPVS 2026) (Topic 7: Pig Production and Sustainability, Abstract PO0988, p. 880). International Pig Veterinarian Society. https://drive.google.com/file/d/1Mnx_C_RD8yiPk8vDATdB6sbbu8WuF55p/view?usp=drive_link	36
10. DISCUSIÓN GENERAL	38
11. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA PEQUEÑA ESCALA	41
12. CONCLUSIONES	44
13. BIBLIOGRAFÍA	46

RESUMEN

El sector porcino constituye un componente estratégico del sistema agroalimentario debido a su contribución al suministro de proteína animal, al dinamismo de las cadenas pecuarias y a su relevancia en la generación de ingresos en territorios rurales. En México, la producción porcina se caracteriza por una estructura productiva heterogénea en la que coexisten sistemas altamente tecnificados con unidades de producción de pequeña escala o de traspatio que desempeñan funciones económicas y sociales relevantes para los medios de vida rurales.

La presente investigación analiza el funcionamiento del sistema porcino en el Estado de México a partir de tres dimensiones analíticas complementarias: la estructura de mercado, la red de movilización animal y la viabilidad económica de los sistemas de producción porcina de pequeña escala. El objetivo fue identificar las restricciones estructurales que enfrentan los productores de menor escala y generar evidencia empírica que contribuya al diseño de lineamientos de política pública orientados a fortalecer su sostenibilidad económica y productiva.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y multiescalar que integró herramientas de análisis territorial, económico y de redes. En la dimensión estructural se analizaron registros oficiales de movilización porcina correspondientes al periodo 2017–2021 con el fin de caracterizar la posición del Estado de México dentro del sistema porcino nacional. La red de movilización animal se examinó mediante técnicas de Análisis de Redes Sociales a partir de matrices origen–destino y métricas estructurales como grado, centralidad y densidad. En la dimensión económica se evaluó la viabilidad de 113 unidades de producción porcina de pequeña escala distribuidas en 27 municipios del Estado de México durante el ciclo productivo 2024, estimando costos de producción, ingresos y relación beneficio–costo bajo distintos escenarios, incluyendo el costo de oportunidad del capital y de la mano de obra familiar.

Los resultados muestran que el Estado de México ocupa una posición estratégica dentro del sistema porcino nacional al funcionar como un nodo relevante de

recepción, sacrificio y redistribución de animales, a pesar de no ser una de las principales entidades productoras. La red de movilización presenta una estructura altamente centralizada y de baja densidad relacional, lo que evidencia la presencia de nodos territoriales dominantes en la articulación de los flujos pecuarios. En el ámbito económico, la rentabilidad de las unidades de pequeña escala es altamente sensible a la inclusión de costos implícitos, lo que sugiere que su sostenibilidad depende en gran medida del uso de recursos familiares no remunerados.

Se concluye que los productores de pequeña escala enfrentan restricciones estructurales asociadas a la concentración del mercado, los altos costos de transacción, las exigencias regulatorias y las limitaciones en el acceso a mercados formales. En este contexto, las políticas públicas dirigidas al sector porcino deben incorporar instrumentos diferenciados que reconozcan la heterogeneidad productiva y territorial del sistema, y promuevan la integración sostenible de los productores de pequeña escala en las cadenas de valor agroalimentarias.

Palabras clave: porcicultura, movilidad, mercado, viabilidad.

ABSTRACT

The pork sector constitutes a strategic component of the agri-food system due to its contribution to the supply of animal protein, the dynamism of livestock value chains, and its relevance for income generation in rural territories. In Mexico, pig production is characterized by a heterogeneous productive structure in which highly technified industrial systems coexist with small-scale and backyard production units that play an important role in rural livelihoods.

This research analyzes the functioning of the pork production system in the State of Mexico through three complementary analytical dimensions: market structure, pig movement networks, and the economic viability of small-scale production systems. The objective of the study was to identify the structural constraints faced by small-scale producers and to generate empirical evidence to support the design of public policy guidelines aimed at strengthening their productivity and economic sustainability.

The study adopted a quantitative and multiscale approach integrating territorial, economic, and network analysis tools. The structural dimension examined official records of pig movements between 2017 and 2021 to characterize the position of the State of Mexico within the national pork system. Livestock movement networks were analyzed through Social Network Analysis using origin–destination matrices and structural indicators such as degree, centrality, and network density. In the economic dimension, the viability of 113 small-scale pig production units distributed across 27 municipalities in the State of Mexico was evaluated during the 2024 production cycle through the estimation of production costs, revenues, and benefit–cost ratios under different accounting scenarios, including the opportunity cost of capital and family labor.

The results show that the State of Mexico occupies a strategic position within the national pork system, functioning as a key node for the reception, slaughter, and redistribution of animals despite its relatively limited primary production. The pig movement network exhibits a highly centralized structure with low relational density,

indicating the presence of dominant territorial nodes that concentrate a significant proportion of livestock flows. From an economic perspective, the profitability of small-scale production units is highly sensitive to the inclusion of implicit costs, suggesting that their economic sustainability largely depends on the use of unpaid family resources.

The study concludes that small-scale pig producers face structural constraints associated with market concentration, high transaction costs, regulatory requirements, and limited access to formal markets. Consequently, public policy interventions in the pork sector should incorporate differentiated instruments that recognize the productive and territorial heterogeneity of the system and support the sustainable integration of small-scale producers into agri-food value chains.

Keywords: swine production, mobility, market, viability.

1. INTRODUCCIÓN

El sector porcino representa una actividad estratégica dentro de los sistemas agroalimentarios debido a su contribución al abastecimiento de proteína animal, su participación en las cadenas de valor pecuarias y su papel en la generación de empleo e ingresos en territorios rurales (Thornton, 2010). A nivel global, los sistemas pecuarios forman parte fundamental de los medios de vida rurales y contribuyen de manera significativa a la seguridad alimentaria, especialmente en regiones donde la agricultura familiar y los sistemas mixtos de producción predominan (FAO, 2011). En este contexto, la porcicultura destaca por su elevada eficiencia biológica, su capacidad de adaptación a diferentes escalas productivas y su integración con sistemas agrícolas familiares.

En México, el desarrollo del sector porcino ha estado marcado por procesos de modernización tecnológica, integración comercial y especialización productiva. Sin embargo, estas transformaciones no han generado una estructura productiva homogénea; por el contrario, el sector presenta una marcada heterogeneidad, en la que coexisten sistemas industriales altamente tecnificados con unidades de producción de pequeña escala que operan bajo esquemas familiares o de traspasio (Costales *et al.*, 2007). Estas unidades, aunque presentan menores niveles de tecnificación y productividad, continúan desempeñando un papel relevante en la economía rural al contribuir a la diversificación de ingresos y al aprovechamiento de recursos locales.

En este contexto, el Estado de México ocupa una posición particular dentro del sistema porcino nacional. A diferencia de otras entidades caracterizadas por una fuerte especialización productiva, su relevancia se deriva principalmente de su función como centro de consumo, sacrificio y redistribución de porcinos hacia distintas regiones del país. Esta función logística genera una intensa movilización animal que articula territorios productores con mercados urbanos de gran escala. En este sentido, el análisis de estos flujos resulta fundamental para comprender la

organización territorial del sector y los mecanismos de circulación de animales dentro de la cadena productiva.

La movilización animal constituye un componente clave en el funcionamiento del sistema porcino, ya que refleja las relaciones comerciales entre territorios y permite identificar patrones de concentración y jerarquía dentro de las redes de intercambio pecuario. Los estudios recientes han demostrado que las redes de movilización porcina presentan estructuras altamente centralizadas, en las cuales ciertos nodos territoriales concentran gran parte de los flujos comerciales y desempeñan funciones estratégicas dentro del sistema productivo (Zaldivar-Gómez *et al.*, 2024).

Estas configuraciones tienen implicaciones relevantes no solo para la dinámica económica del sector, sino también para la gestión sanitaria y la prevención de enfermedades. Además de la dimensión territorial, la viabilidad económica de las unidades productivas constituye un elemento central para evaluar la sostenibilidad del sector porcino. Las diversas investigaciones han señalado que la rentabilidad de los sistemas porcinos depende de factores como el acceso a insumos, la eficiencia productiva, el manejo técnico y las condiciones de mercado (Martínez Castañeda *et al.*, 2024). En el caso de los productores de pequeña escala, estos factores suelen combinarse con estrategias familiares de producción y con el uso intensivo de mano de obra no remunerada, lo que puede generar diferencias significativas entre la rentabilidad contable y la rentabilidad económica real de las unidades productivas.

En este sentido, el análisis de la pequeña escala adquiere particular importancia para comprender las desigualdades estructurales dentro del sector porcino; ya que, si bien estos sistemas contribuyen al sustento de numerosas familias rurales y al abastecimiento de mercados locales, también enfrentan limitaciones relacionadas con el acceso a tecnología, financiamiento, infraestructura y mercados formales. Estas restricciones pueden traducirse en mayores costos de transacción, menor capacidad de negociación y una inserción limitada en las cadenas de valor agroalimentarias.

Desde esta perspectiva, la presente investigación analiza el funcionamiento del sistema porcino vinculado al Estado de México a partir de tres dimensiones analíticas interrelacionadas, derivadas de los estudios empíricos desarrollados en los artículos científicos que integran esta tesis: la estructura del mercado porcino, la organización territorial de la red de movilización de porcinos vivos y la viabilidad económica de los sistemas de producción porcina de pequeña escala. La integración de estas dimensiones permite comprender simultáneamente la dinámica del intercambio comercial, la articulación territorial de los flujos pecuarios y las condiciones económicas que enfrentan los productores dentro del sistema porcino regional. Este tipo de enfoques integrados permite analizar los sistemas agroalimentarios considerando la interacción entre dimensiones económicas, territoriales e institucionales que configuran su funcionamiento (FAO, 2018).

En el marco de esta investigación, el diseño de política pública se aborda desde una perspectiva analítica, entendida como la generación de lineamientos orientadores derivados del estudio empírico del sistema porcino en el Estado de México, más que como la formulación de un instrumento gubernamental específico. A partir del análisis articulado de la estructura de mercado, la organización territorial de los flujos de movilización animal y la viabilidad económica de las unidades de producción porcina de pequeña escala es posible identificar restricciones estructurales y generar evidencia relevante para orientar políticas dirigidas a fortalecer la integración productiva y la sostenibilidad económica del subsector porcino (FAO, 2018; OECD & FAO, 2023; HLPE, 2020).

Los resultados empíricos derivados de los artículos científicos que integran esta tesis muestran tres hallazgos principales: (1) una estructura de mercado caracterizada por una fuerte dependencia del Estado de México respecto a entidades productoras; (2) una red de movilización porcina altamente centralizada, en la que determinados nodos territoriales concentran los flujos de intercambio animal; y (3) una viabilidad económica limitada de los sistemas de producción porcina de pequeña escala cuando se incorporan costos implícitos como la mano de obra familiar. Estos hallazgos constituyen la base empírica de las directrices de

política pública propuestas presentadas en este documento. La relevancia del estudio está dada por el hecho de que produce datos empíricos sobre la organización económica y territorial del sistema de porcinos asociado al Estado de México. Incorporar análisis de la estructura de mercado, las redes de movilización animal y la viabilidad económica de los sistemas porcinos de pequeña escala permite un mejor diagnóstico de cómo opera el sector y aportes analíticos para diseñar políticas públicas diferenciadas con un enfoque inclusivo. Esto es especialmente relevante en entornos caracterizados por una mayor concentración productiva dentro de los sistemas agroalimentarios, donde operan sistemas industriales de muy alta tecnología junto a unidades familiares de baja intensidad (FAO, 2021; OECD, 2020).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Política pública en el sector porcino

Teóricamente, la política pública en el sector ganadero puede entenderse como un arreglo institucional de gobernanza con una función dual: una de corregir fallas del mercado y otra que implica reducir riesgos sistémicos (principalmente sanitarios e informacionales), mediante la estructuración de incentivos para coordinar la producción, el movimiento y la comercialización de productos alimentarios de origen animal. Dentro de este marco, la intervención estatal va más allá de las transferencias o del apoyo productivo y sienta la base institucional que especifica los derechos de acceso, las condiciones de intercambio y los costos de transacción (Oliveira-Júnior *et al.*, 2020; Williamson, 2005).

En la cadena cárnica porcina, estas fallas adquieren un carácter estructural. La sanidad animal y la inocuidad generan externalidades negativas con potencial sistémico; la trazabilidad cumple funciones de bien público cuya provisión privada sería insuficiente; y la información asimétrica sobre calidad y riesgo sanitario puede debilitar la confianza en el mercado (Stiglitz, 2000). Así, la regulación sanitaria ocupa el centro sobre el cual se construye la estructura institucional del sector. En el marco de la teoría de la regulación económica, la política de salud presenta un caso de información imperfecta, porque el regulador no puede observar directamente el verdadero nivel de cumplimiento ni los costos reales de los productores. Esta asimetría genera la necesidad de diseñar mecanismos de monitoreo, certificación e incentivos que induzcan el comportamiento de los productores en consonancia con los objetivos de salud, intentando al mismo tiempo minimizar el costo social del riesgo (Laffont & Tirole, 1993). Dichos mecanismos están asociados con inversiones específicas, modificaciones tecnológicas, vigilancia y una supervisión organizacional que implica que las empresas asuman costos de cumplimiento. Un marco jurídico basado en diversos instrumentos, articulado de manera no independiente al sector ganadero en México a través de estos principios.

En este sentido, la arquitectura legal relativa al sector ganadero en México encarna un conjunto de instrumentos jurídicos y regulatorios que implementa estos principios. La Ley Federal de Sanidad Animal, establecida por el Congreso de la Unión, define las bases para la regulación de la sanidad, la movilización, la trazabilidad y la inocuidad de los animales y sus productos; su implementación y vigilancia corresponden a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). A nivel operativo, este organismo implementa los sistemas de trazabilidad y los requisitos de movilización animal, los cuales inciden directamente en la organización del intercambio y en la estructura de los circuitos de comercialización pecuaria (Congreso de la Unión, 2007; SENASICA, 2022).

Las Normas Oficiales Mexicanas en materia de movilización, identificación animal, bienestar e inocuidad convierten los estándares técnicos en requisitos obligatorios para el acceso al mercado formal. En particular, la NOM-024-ZOO-1995, emitida por la entonces Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA), establece los lineamientos técnicos para la movilización e identificación del ganado en el territorio nacional (SAGARPA, 1995). Asimismo, la Ley de Organizaciones Ganaderas reconoce a las asociaciones de productores como entidades de interés público, promoviendo mecanismos de coordinación colectiva que pueden reducir costos de transacción, fortalecer la representación sectorial y facilitar la articulación entre los actores. La Ley de Desarrollo Rural Sustentable incorpora principios de concurrencia institucional, planeación territorial y provisión de bienes públicos estratégicos que influyen en la competitividad del sector pecuario, particularmente en regiones con menor infraestructura certificada (Congreso de la Unión, 1999; 2001).

En conjunto, este arreglo regulatorio forma el ecosistema regulatorio que organiza los incentivos, establece las reglas de entrada al mercado y delimita controles sanitarios para mitigar los riesgos sistémicos derivados de la producción ganadera. La regulación sanitaria es una herramienta de gobernanza que corrige fallas de mercado relacionadas con externalidades sanitarias y, además, aborda cuestiones

de información asimétrica, promoviendo la estabilidad y la confianza en los sistemas ganaderos. Sin embargo, la aplicación de estos dispositivos regulatorios conlleva implicaciones distributivas heterogéneas.

El hecho de que los costos de cumplimiento tengan componentes fijos importantes significa que las unidades de pequeña escala, que no pueden distribuir esos costos entre grandes volúmenes de producción, soportan en promedio una carga de costos mayor, lo que introduce un sesgo regresivo en la estructura regulatoria (OCDE 2023; Syukron y Su 2023). Así, los requisitos sanitarios, administrativos y de trazabilidad actúan como barreras de entrada que desincentivan la formalización, manteniendo vigentes esquemas de producción informales o parcialmente regulados (Suárez, 2021). Esto se ve agravado por el desajuste que surge debido a que las normas se diseñan pensando en una producción industrial densa, ignorando las condiciones tecnológicas y organizativas de las unidades de pequeña escala (Richardson, 2022). Además, la complejidad técnica y la acumulación de trámites incrementan los costos de interpretación de la regulación y la incertidumbre jurídica, lo que dificulta las decisiones de inversión (De Lucio y Mora-Sanguinetti, 2022; Mora-Sanguinetti *et al.*, 2023).

En particular, dado que, desde la perspectiva de la teoría de los costos de transacción, tanto las obligaciones regulatorias formales para los productores como los costos de búsqueda de mercados confiables, la contratación, la supervisión y la mitigación del oportunismo (Bachev 2023) deben evaluarse de manera simultánea. Estos costos se intensifican cuando las transacciones involucran activos clave como instalaciones ganaderas, genética especializada o certificaciones sanitarias cuyo valor depende de pautas de intercambio sostenidas con socios específicos (Lopes *et al.*, 2023; Sudré *et al.*, 2021).

En este contexto, la elevada especificidad de los activos reduce las posibilidades de reasignación alternativa de la inversión y aumenta la exposición de los productores ante incumplimientos contractuales o interrupciones del mercado, lo que incentiva la adopción de arreglos organizacionales que permitan gestionar estos riesgos (Williamson, 1985). En entornos caracterizados por alta incertidumbre derivada de

riesgos sanitarios, volatilidad de precios o cambios regulatorios, la coordinación a través del mercado puede resultar más costosa que mediante estructuras jerárquicas o arreglos híbridos (Williamson, 1985; Guimarães *et al.*, 2022).

Por ello, la integración vertical, las cooperativas y los contratos formales complejos emergen como mecanismos orientados a reducir riesgos y disminuir los costos asociados a la negociación, supervisión y cumplimiento contractual (Trejo-Pech *et al.*, 2023; Sánchez-Navarro *et al.*, 2024). No obstante, la elección organizacional depende del grado de especificidad de los activos, la frecuencia de las transacciones y la complejidad contractual requerida, considerando que la formalización también implica costos adicionales (Williamson, 1985; Ménard, 2004; Sarmiento *et al.*, 2024).

En el caso del sector porcino en México, estas dinámicas institucionales y organizacionales se manifiestan en un contexto productivo caracterizado por importantes diferencias estructurales entre regiones y sistemas productivos. El sector cárnico porcino constituye un componente estratégico del sistema agroalimentario mexicano, ubicándose como la tercera actividad pecuaria en términos de volumen de producción nacional, después de la avicultura y el ganado bovino. De acuerdo con información reciente, la producción de carne de cerdo se sitúa alrededor de 1.7 millones de toneladas anuales, en contraste con aproximadamente 4.0 millones de toneladas de carne de ave y 2.3 millones de toneladas de carne de bovino (SIAP, 2025).

Esta divergencia sugiere que el dinamismo agregado del sector porcino no se traduce automáticamente en competitividad regional, lo que evidencia la influencia de factores como la disponibilidad de infraestructura certificada, la densidad de nodos de sacrificio y procesamiento, así como la existencia de costos regulatorios diferenciales entre territorios. En la cadena porcina del Estado de México, los patrones de conectividad y centralización observados en la red de movilización (Vilchis Granados *et al.*, 2025a; Vilchis Granados *et al.*, 2025b) pueden interpretarse como expresión territorial de esta arquitectura institucional. Los nodos con mayor capacidad certificada y menor fricción regulatoria concentran flujos comerciales,

mientras que los productores con mayores costos de cumplimiento enfrentan restricciones estructurales de acceso.

En consecuencia, el análisis y diseño de política pública en el sector cárnico porcino del Estado de México debe integrar la teoría de la regulación, la economía institucional y la evidencia territorial. Los instrumentos basados en gestión de riesgo, escalamiento gradual de exigencias y provisión de bienes públicos compartidos pueden reducir la regresividad de los costos normativos sin comprometer la integridad sanitaria. En este sentido, un alineamiento eficiente entre atributos de transacción, estructuras de gobernanza e instrumentos regulatorios resulta fundamental para fortalecer la sostenibilidad económica de la pequeña escala sin sacrificar la competitividad sistémica.

2.2 Estructura de mercado en el sector porcino

El sector porcino constituye uno de los sistemas agroalimentarios más relevantes a nivel mundial en términos de producción, consumo y comercio internacional de proteína animal. La carne de cerdo representa aproximadamente 36% del consumo mundial de carne, lo que la posiciona como una de las proteínas animales más consumidas, particularmente en Asia y Europa (FAO, 2023). Desde el punto de vista de la recuperación, se producen más de 110 millones de toneladas al año en todo el mundo, aunque esta producción se limita solo a unos pocos países con gran capacidad de producción e integración en los mercados globales (USDA, 2024).

El sistema internacional de comercialización de la carne de cerdo es extremadamente global en su estructura y, al mismo tiempo, está muy concentrado geográficamente en lo que respecta a la producción. En cuanto al comercio internacional de carne de cerdo, China lidera a escala mundial (con más del 50% de la producción), seguida por la Unión Europea (UE), Estados Unidos y Brasil, siendo estos últimos también actores clave en los mercados globales (FAO, 2023; OCDE/FAO, 2024; USDA, 2024). Así, esta concentración de la producción incorpora la capacidad tecnológica, organizativa y comercial que poseen estas economías para determinar la oferta y la formación de precios en el mercado mundial.

En el lado del comercio, la UE y Estados Unidos dominan las exportaciones mundiales de carne de cerdo, mientras que naciones como China, Japón y México conforman algunos de los principales importadores del mundo. Esto indica un mercado altamente integrado en el que los flujos comerciales reaccionan tanto a las diferencias en la capacidad de producción como a la evolución de la demanda de proteína animal por región (Mateos *et al.*, 2024).

La configuración evidencia la existencia de un mercado intensamente interconectado, en el que las variaciones en la producción, el consumo o las condiciones sanitarias de una región pueden generar efectos inmediatos en los flujos comerciales y en los precios internacionales. En esta dinámica se suma una tendencia creciente hacia la integración vertical y la concentración empresarial, especialmente en los eslabones industriales de la cadena porcina. Los grandes conglomerados agroindustriales controlan múltiples etapas del proceso productivo, desde la genética y la producción primaria hasta el sacrificio, procesamiento y distribución de productos cárnicos. Este modelo organizacional favorece la obtención de economías de escala, mejora la coordinación entre los eslabones productivos y contribuye a la reducción de costos de transacción dentro de la cadena (Reardon *et al.*, 2009; Martinez, 2002).

La elevada interdependencia del mercado porcino global también se refleja en su sensibilidad frente a crisis sanitarias y económicas, tales como la Peste Porcina Africana en Asia o las interrupciones ocasionadas por la pandemia de COVID-19, que han tenido efectos significativos sobre la oferta mundial, los precios internacionales y la configuración de los flujos comerciales, evidenciando el grado de integración existente entre los principales actores del mercado (OECD/FAO, 2024; Iacolina *et al.*, 2021). En concordancia con las tendencias observadas a nivel internacional, la porcicultura mexicana ha experimentado transformaciones estructurales relevantes durante las últimas décadas, particularmente en términos de modernización productiva, especialización regional y mayor integración de la cadena de valor. Estos cambios han estado acompañados por una creciente inserción en mercados

nacionales e internacionales, así como por una reorganización de los sistemas productivos hacia esquemas más tecnificados (SIAP, 2024b; OECD/FAO, 2024).

La porcicultura mexicana se caracterizó históricamente por la predominancia de sistemas productivos tradicionales y con escasa regulación; no obstante, en las últimas décadas se ha registrado una transición hacia esquemas más tecnificados y con mayores niveles de integración vertical (Batres-Marquez *et al.*, 2007). En términos generales, el sector puede clasificarse en tres sistemas de producción: tecnificado, semitecnificado y de traspatio. Los sistemas tecnificados operan bajo altos estándares de bioseguridad, genética mejorada y certificaciones sanitarias, mientras que los sistemas semitecnificados y de traspatio presentan menores niveles de inversión tecnológica y suelen orientarse al abastecimiento de mercados locales o al autoconsumo (Batres-Marquez *et al.*, 2007; SIAP, 2023b).

La producción porcina mexicana presenta además una marcada concentración territorial, donde ciertos estados concentran gran parte del volumen nacional; destacando entidades con mayor participación como Jalisco, Sonora, Guanajuato y Yucatán, las cuales han consolidado sistemas productivos altamente tecnificados, infraestructura de sacrificio certificada y vínculos comerciales sólidos con los mercados nacionales e internacionales (Batres-Marquez *et al.*, 2007; SIAP, 2024b).

La cadena de valor porcino en México se estructura a través de diversos eslabones que incluyen productores, rastros, empacadoras, distribuidores y consumidores finales, siendo los rastros Tipo Inspección Federal (TIF) un elemento clave para garantizar estándares sanitarios e inocuidad alimentaria, así como para facilitar la inserción de los productos en mercados formales (Alvarado *et al.*, 2017; Méndez-Barrón, 2021). No obstante, el sector enfrenta desafíos estructurales importantes, entre ellos la dependencia de importaciones; México importa aproximadamente entre 40% y 45% de la carne de cerdo que consume, principalmente desde Estados Unidos, debido a que la producción nacional aún no satisface plenamente la demanda interna (OECD/FAO, 2024; USDA, 2024).

En la etapa de comercialización minorista se ha identificado la presencia de transmisión asimétrica de precios, fenómeno asociado a estructuras de mercado con cierto grado de concentración. Los precios al consumidor tienden a aumentar rápidamente cuando se incrementan los costos de producción, pero disminuyen de forma más lenta cuando estos se reducen, lo que refleja posibles imperfecciones en la transmisión de señales de mercado a lo largo de la cadena agroalimentaria (Meyer & von Cramon-Taubadel, 2004; Peltzman, 2000). A esto se suman factores macroeconómicos como la volatilidad del tipo de cambio y el incremento en los precios de los granos utilizados en la alimentación animal, los cuales influyen directamente en los costos de producción y en la rentabilidad de las granjas porcinas (Almazan-Figueroa *et al.*, 2018).

En el contexto nacional, el Estado de México ocupa una posición particular dentro del mercado porcino, ya que combina características de centro de consumo, nodo estratégico de comercialización y espacio de procesamiento, con una producción primaria relativamente limitada. La producción estatal se sitúa alrededor de 22–23 mil toneladas anuales, volumen que resulta insuficiente para satisfacer la elevada demanda de una de las entidades más pobladas del país, lo que genera una dependencia importante de flujos comerciales provenientes de otras regiones productoras (SIAP, 2024b; Vilchis Granados *et al.*, 2025a).

La consecuencia de esta dinámica es que el Estado de México se ha consolidado como un punto central dentro de la red nacional de abastecimiento porcícola, recibiendo animales vivos y productos cárnicos provenientes principalmente de estados con mayor capacidad productiva, como Puebla, Jalisco, Guanajuato y Michoacán (Callejas Juárez *et al.*, 2020; SIAP, 2024b). El estado desempeña un papel relevante como destino de animales con motivo de sacrificio, lo que refuerza su importancia dentro de los circuitos nacionales de comercialización y distribución (Vilchis Granados *et al.*, 2025a; SIAP, 2024b).

A nivel territorial, la producción porcina en la entidad presenta una distribución municipal relativamente dispersa, con distintos niveles de participación entre las

localidades. Entre los municipios con mayor actividad productiva destacan Texcoco, Amecameca, Zumpango y Jilotepec, mientras que otros como Tepetlaoxtoc, Teoloyucan y Chalco participan en sistemas productivos vinculados a mercados regionales (SIAP, 2024a). Esta distribución refleja la coexistencia de distintos tipos de unidades productivas y de formas de organización dentro del sector (Delgado *et al.*, 1999). El análisis territorial del sistema productivo también puede abordarse a partir de los Distritos de Desarrollo Rural (DDR), que constituyen unidades administrativas utilizadas para la planeación y gestión del desarrollo pecuario en México (SIAP, 2023a). Este enfoque territorial permite comprender la distribución espacial de la actividad productiva y la especialización regional dentro de los sistemas agroalimentarios (Schejtman & Berdegúé, 2004).

En este contexto, comprender la organización del mercado porcino requiere analizar no solo los niveles de producción o la distribución territorial de las granjas, sino también los patrones de interacción que se generan entre los distintos actores de la cadena productiva. Los sistemas agroalimentarios y los flujos de movilización de animales vivos constituyen un elemento clave para entender la estructura espacial del mercado, ya que reflejan las relaciones comerciales entre regiones productoras, centros de sacrificio y zonas de alto consumo (Fèvre *et al.*, 2006; Robinson & Christley, 2007). La movilización de los cerdos se organiza anualmente por millones de estos animales en México y construye una red de intercambios que articula la función del sistema nacional de producción (Vilchis Granados *et al.*, 2025b; SENASICA, 2023).

El Estado de México, dentro de esta red, tiene un papel específico porque actúa como un núcleo para la demanda, el procesamiento y la redistribución; concentrando flujos provenientes de diversos estados productores y conectando circuitos regionales de comercialización (Vilchis Granados *et al.*, 2025a; Robinson & Christley, 2007). En este sentido, el análisis de redes de calidad podría permitirnos descubrir las reglas de centralidad, conectividad y dependencia territorial que organizan la vida del mercado porcino (Wasserman & Faust, 1994; Borgatti *et al.*, 2009). Así, el estudio del movimiento de animales vivos y de las interacciones entre

los nodos territoriales constituye una herramienta analítica básica para comprender el patrón distributivo del sistema porcino y sus consecuencias en términos del diseño de políticas públicas orientadas a proporcionar sostenibilidad productiva saludable a este sector (Vilchis Granados *et al.*, 2025b).

2.3. Sostenibilidad productiva en el sector porcino de pequeña escala

Internacionalmente, la sostenibilidad de los sistemas porcinos de pequeña escala se ha centrado en rutas que respondan a la eficiencia productiva, las oportunidades de mercado y la bioeconomía circular. La literatura indica que la competitividad de estos sistemas no se determina únicamente por la productividad, sino más bien por su capacidad de integrarse en mercados diferenciados y cadenas de valor eficientes, lo que reduce los costos de transacción y, por tanto, determina la captación de ingresos (Barrett *et al.*, 2012). Paralelamente, se observa una transición hacia modelos de producción más limpia, donde la eficiencia en el uso de insumos, particularmente el alimento, y el manejo adecuado de residuos pecuarios son determinantes para reducir los impactos ambientales (Gerber *et al.*, 2013). Los sistemas pecuarios tradicionales han sido reconocidos por su contribución a esquemas de economía circular, al reutilizar subproductos agrícolas y biomasa no apta para consumo humano, lo que mejora la eficiencia en el uso de recursos (Makkar, 2016). En conjunto, estos elementos indican que la sostenibilidad en pequeña escala se configura a partir de la articulación entre eficiencia técnica, integración de recursos y acceso a mercados.

En América Latina y México, la porcicultura de pequeña escala frecuentemente asociada a sistemas de traspatio constituye un componente clave de la economía rural y de la seguridad alimentaria (Rodríguez *et al.*, 2016). Estos sistemas se caracterizan por el uso de infraestructura básica, el aprovechamiento de insumos locales y una alta participación de la mano de obra familiar, lo que reduce costos monetarios y fortalece la resiliencia de los hogares rurales (FAO, 2012). Asimismo, se ha documentado que los sistemas pecuarios de baja intensidad pueden contribuir a la sostenibilidad al disminuir la dependencia de insumos externos y mejorar el

bienestar animal, particularmente cuando se integran prácticas de manejo adaptadas al contexto local (Makkar, 2016). Sin embargo, la eficiencia técnica está altamente relacionada con la sostenibilidad productiva de estos sistemas, en particular en lo que respecta al uso de alimento, que constituye la mayor parte del costo de producción y una fuente clave de impactos ambientales (Giraldi-Díaz *et al.*, 2021). Esto significa que la eficiencia productiva es un elemento importante para el adecuado equilibrio entre la rentabilidad y la sostenibilidad.

Las unidades de pequeña escala también representan una proporción relevante a nivel nacional dentro del sector agrícola de México, contribuyendo no solo mediante la producción a la economía, sino también realizando funciones relacionadas con la generación de empleo y las formas de vida rurales sostenibles (Ibarrola-Rivas *et al.*, 2023). Se agrupan de acuerdo con su potencial específico para el desarrollo sostenible (es decir, la diversificación productiva y el uso intensivo de recursos locales) y, al mismo tiempo, con limitaciones estructurales en términos de acceso a financiamiento, tecnología o mercados formales (FIDA 2016). Así, la sostenibilidad no puede interpretarse meramente desde una perspectiva ambiental, sino como un punto de equilibrio que nos brinda eficiencia económica, recursos para la reproducibilidad e integración al sistema agroalimentario.

En el caso del Estado de México, hay evidencia de que la producción de cerdos a nivel de pequeña escala sigue siendo económicamente relevante en diversas regiones del estado, principalmente en zonas rurales donde sirve como ingreso complementario a otras alternativas económicas. Estudios regionales reportaron que las unidades de producción son económicamente viables mediante una rentabilidad positiva, incluso para esquemas de traspasío (Hernández-Martínez *et al.*, 2020). No obstante, el Estado de México es un importante centro de consumo en el sistema nacional de porcinos, lo que implica una dependencia estructural de otras entidades productoras y, por lo general, una gran integración en los flujos de movilización de animales (SIAP, 2024b). Esta condición influye directamente en la sostenibilidad del sistema, ya que vincula el desempeño local con dinámicas de mercado de mayor escala.

Además, se ha demostrado que la adopción de mejoras en la gestión productiva y tecnológica incrementa la eficiencia en el uso de los insumos y contribuye a reducir los costos operativos, fortaleciendo así la viabilidad económica de los sistemas ganaderos. Sin embargo, persisten desafíos importantes asociados al manejo ambiental, particularmente en la gestión de residuos y la presión sobre recursos naturales, lo que limita la consolidación de sistemas plenamente sostenibles en el largo plazo (Gerber *et al.*, 2013).

En conjunto, la sostenibilidad productiva en la porcicultura de pequeña escala debe entenderse como un fenómeno multidimensional que resulta de la interacción entre factores técnicos, económicos e institucionales. La evidencia indica que la viabilidad de estos sistemas depende de su capacidad para optimizar recursos, adaptarse a las condiciones del entorno y mejorar su inserción en mercados, más que de su tamaño o nivel de intensificación (HLPE, 2016).

3. JUSTIFICACIÓN

La economía institucional considera que el marco regulatorio desempeña un papel central en la organización de los sistemas productivos, ya que no solo establece las “reglas del juego”, sino que también configura los incentivos que orientan las interacciones económicas entre los distintos actores del sistema (North, 1990; Williamson, 1985). En el sector porcino, diversas políticas públicas y marcos regulatorios influyen directamente en la organización del sistema productivo, particularmente aquellas relacionadas con la sanidad animal, la trazabilidad, la movilización pecuaria y la inocuidad de la carne, las cuales establecen condiciones para el acceso a mercados y la circulación de animales dentro del territorio nacional.

Entre los instrumentos regulatorios más relevantes se encuentran la Ley Federal de Sanidad Animal, las Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con la movilización pecuaria, los sistemas de trazabilidad operados por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), así como las regulaciones sanitarias asociadas a la producción y comercialización de carne de cerdo. En particular, destacan la NOM-024-ZOO-1995, que establece los lineamientos para la identificación y movilización de animales en el territorio nacional, y la NOM-009-ZOO-1994, que regula el proceso sanitario de la carne y las condiciones sanitarias del sacrificio y procesamiento en rastros autorizados. Estas regulaciones generan externalidades positivas, como la reducción de riesgos sanitarios, la protección de la salud pública, la mejora en los estándares de inocuidad alimentaria y el fortalecimiento de la confianza en los mercados; sin embargo, también pueden generar costos de cumplimiento, especialmente para los productores de pequeña escala.

En este contexto, la presente investigación analiza el funcionamiento del sistema porcino a partir de tres dimensiones analíticas complementarias: (1) la estructura del mercado porcino, examinada mediante los flujos de movilización de porcinos vivos entre entidades federativas y municipios; (2) la organización territorial de la red de movilización porcina, analizada mediante herramientas de Análisis de Redes Sociales (ARS); y (3) la viabilidad económica de los sistemas de producción porcina

de pequeña escala, evaluada mediante el análisis de costos de producción, ingresos y relación beneficio–costo en unidades productivas del Estado de México. Estas dimensiones constituyen las variables analíticas centrales de la investigación y permiten identificar fallas de mercado, restricciones institucionales y patrones territoriales que influyen en la participación de los productores dentro del sistema porcino.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector porcino en México presenta una marcada heterogeneidad estructural que genera disparidades significativas en la competitividad de sus agentes económicos. En el Estado de México, esta asimetría es particularmente evidente entre sistemas tecnificados y unidades de producción de pequeña escala o de traspatio, las cuales enfrentan restricciones en el acceso a insumos productivos, financiamiento, tecnología, infraestructura y canales formales de comercialización, así como menores economías de escala y limitaciones en los niveles de tecnificación. Estas condiciones se traducen en menores niveles de eficiencia productiva y competitividad dentro del sistema porcino nacional (Hernández-Martínez *et al.*, 2020; FAO, 2011).

La desventaja estructural de los productores de pequeña escala se ve reforzada por una articulación limitada con los mercados regionales y nacionales, así como por la fragmentación de las relaciones productivas dentro de la cadena porcícola. Esta situación restringe la generación de capital social, la coordinación entre actores y la integración de los productores en circuitos formales de comercialización (Callejas Juárez *et al.*, 2020). Desde la perspectiva de la teoría de los costos de transacción, los porcicultores enfrentan fallas de coordinación, asimetrías de información y elevados costos de intercambio que incrementan la incertidumbre en los procesos de comercialización y formación de precios (Williamson, 1985; North, 1990; Meyer & von Cramon-Taubadel, 2004).

En este contexto, el funcionamiento del sistema porcino no depende únicamente de factores productivos o de mercado, sino también del marco de políticas públicas que regula la actividad pecuaria. Instrumentos como la Ley Federal de Sanidad Animal, las Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con la movilización pecuaria y los sistemas de trazabilidad operados por SENASICA establecen condiciones sanitarias, administrativas y logísticas que influyen directamente en la organización de los flujos de movilización animal, el acceso a mercados y la competitividad de los productores.

Estas regulaciones generan externalidades positivas, tales como la reducción de riesgos sanitarios, el fortalecimiento de la vigilancia epidemiológica y la mejora de los estándares de inocuidad alimentaria en los mercados nacionales e internacionales. Sin embargo, también pueden producir externalidades negativas o costos de cumplimiento diferenciados, particularmente para los productores de pequeña escala, quienes enfrentan mayores dificultades para cumplir con los requisitos técnicos, sanitarios y administrativos exigidos por dichas normativas.

A pesar de la importancia de estos factores, persiste una brecha analítica en la comprensión integrada de la estructura del mercado porcino, la organización territorial de las redes de movilización animal y la viabilidad económica de los sistemas de producción de pequeña escala, lo que limita la comprensión de la inserción competitiva de los productores del Estado de México en los circuitos formales de comercialización, a pesar de su relevancia como nodo estratégico dentro del sistema porcino nacional (FAO, 2013; IFAD, 2016).

En este sentido, resulta necesario analizar de manera integrada la estructura del mercado porcino, las redes de movilización animal y la viabilidad económica de los sistemas productivos, con el propósito de generar evidencia empírica que permita comprender el funcionamiento del sistema porcino del Estado de México y aportar elementos para el diseño de lineamientos de política pública orientados al fortalecimiento y sostenibilidad del sector.

5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es la estructura del mercado porcino del Estado de México y qué implicaciones tiene para la participación de los productores de pequeña escala?
2. ¿Cómo se organiza la red de movilización porcina entre municipios y entidades federativas, y qué nodos territoriales concentran los flujos de intercambio animal?
3. ¿Cuál es la viabilidad económica de las unidades de producción porcina de pequeña escala en el Estado de México y qué implicaciones tienen estos resultados para la formulación de lineamientos de política pública orientados al fortalecimiento del sector?

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Analizar la estructura del mercado porcino, la organización territorial de las redes de movilización animal y la viabilidad económica de las unidades de producción porcina de pequeña escala en el Estado de México, con el fin de identificar las condiciones estructurales que determinan el funcionamiento del sistema porcino y generar evidencia empírica que contribuya a la formulación de lineamientos de política pública orientados al fortalecimiento y sostenibilidad de la porcicultura de pequeña escala.

6.2 Objetivos específicos

1. Analizar la estructura del mercado porcino del Estado de México para identificar el grado de concentración, los patrones de integración territorial y la participación de los productores de pequeña escala en los circuitos de comercialización.
2. Examinar la red de movilización porcina mediante herramientas de Análisis de Redes Sociales (ARS) con el propósito de identificar los principales nodos territoriales de origen y destino en los flujos de movilización animal, así como patrones de conectividad, centralización y jerarquías territoriales que caracterizan la organización del sistema porcino.
3. Evaluar la viabilidad económica de las unidades de producción porcina de pequeña escala mediante indicadores financieros bajo distintos escenarios de costos de producción, con el fin de identificar las condiciones económicas que influyen en su competitividad y sostenibilidad dentro del sistema porcino del Estado de México.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de carácter explicativo, orientado a analizar la relación entre la estructura del mercado porcino, la organización territorial de los flujos de movilización de porcinos vivos y la viabilidad económica de las unidades de producción porcina de pequeña escala en el Estado de México.

El análisis se realizó bajo un enfoque multiescalar, considerando dos niveles territoriales complementarios. En el nivel interestatal se examinaron los flujos de movilización de porcinos entre el Estado de México y otras entidades federativas con el propósito de identificar su grado de integración dentro del sistema porcino nacional. En el nivel subnacional se analizaron los flujos de movilización entre municipios del Estado de México y entre municipios del estado y municipios de otras entidades federativas, lo que permitió caracterizar la organización territorial de la movilización porcina. Este enfoque evidenció la concentración de relaciones con determinadas regiones productoras y una estructura territorial heterogénea, en la cual el Estado de México se configura como un espacio funcionalmente relevante en términos de recepción y redistribución de porcinos más que como una entidad líder en producción, lo que refleja un grado importante de dependencia respecto a otras regiones del país (Vilchis Granados *et al.*, 2025a).

El análisis de los flujos de movilización porcina se realizó a partir de registros oficiales de movilización pecuaria del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) correspondientes al periodo 2017–2021, empleados con la autorización correspondiente para fines académicos. Dichos registros contienen información sobre el origen y destino de los movimientos de porcinos vivos, el número de animales movilizados y la finalidad productiva del movimiento, lo que permitió construir las bases de datos necesarias para el análisis territorial de la movilización animal.

La organización territorial de la movilización animal se examinó mediante Análisis de Redes Sociales (ARS) a partir de listas de adyacencia origen–destino, en las cuales se estimaron métricas estructurales como grado, centralidad de

intermediación y densidad. El procesamiento de la red se realizó con los programas UCINET y Visone, que permitieron construir matrices, calcular indicadores estructurales y representar gráficamente la red de movilización porcina.

La viabilidad económica de las unidades de producción porcina de pequeña escala se evaluó mediante información primaria obtenida a través de un cuestionario estructurado aplicado a 113 productores distribuidos en 27 municipios del Estado de México durante el ciclo productivo 2024. El tamaño de muestra se determinó mediante un procedimiento de muestreo probabilístico considerando un nivel de confianza del 95% y un error muestral aceptable para estudios socioeconómicos en unidades productivas pecuarias. El análisis económico se centró en la estimación de costos de producción por lechón, ingresos y la relación beneficio–costo, considerando escenarios que incluyen o excluyen el costo de oportunidad del capital y el costo de la mano de obra familiar. Los costos incluyeron componentes asociados a alimentación, sanidad, depreciación de activos, transporte y costos de oportunidad, mientras que los ingresos se estimaron a partir del valor de comercialización de los lechones. La relación beneficio–costo se utilizó como indicador sintético de rentabilidad para identificar escenarios de viabilidad económica (Muñoz Luna & Rouco Yáñez, 1995; Silva Alves *et al.*, 2022; Martínez Castañeda *et al.*, 2024).

En la comparación entre escenarios se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y pruebas de comparación de medias, lo que permitió identificar diferencias significativas entre escenarios económicos y evidenciar la sensibilidad de la rentabilidad ante la inclusión de costos implícitos y la heterogeneidad entre unidades productivas (Salinas-Martínez *et al.*, 2020).

Finalmente, el diseño de política pública se abordó mediante la integración de los resultados obtenidos en las dimensiones estructural, territorial y económica, bajo la premisa de que estas constituyen componentes interdependientes del funcionamiento del sector porcino (Williamson, 1985; North, 1990). Esta integración permitió identificar fallas de mercado, costos de transacción y restricciones estructurales asociadas a la concentración del mercado, la configuración territorial

de la red de movilización y las barreras económicas que enfrentan los productores de pequeña escala.

8. RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran que la estructura del sistema porcino en el Estado de México se caracteriza por la integración del análisis de la estructura de mercado, la organización territorial de la movilización animal y la evaluación económica de los sistemas de producción porcina de pequeña escala. Esta articulación de componentes permite identificar que la concentración productiva a nivel nacional limita las oportunidades de inserción competitiva de los productores de pequeña escala, mientras que la configuración territorial de la red de movilización refuerza la dependencia del Estado de México respecto a otras regiones productoras. A su vez, la evaluación económica indica que la viabilidad de estos sistemas es altamente sensible a la inclusión de costos implícitos, particularmente la mano de obra familiar y el capital invertido.

Los hallazgos de manera complementaria identifican el papel del marco regulatorio como un factor que incide en la organización del sistema. Aunque es fundamental para garantizar que los alimentos sean seguros, las normativas sanitarias y de movimiento imponen costos de cumplimiento que penalizan de manera desproporcionada a los productores de pequeña escala, impidiéndoles así participar en el mercado formal. Los datos sugieren que, en conjunto, la estructura del mercado, la organización espacial del tráfico de animales y las condiciones económicas y regulatorias interactúan simultáneamente para estructurar el sistema porcino en el Estado de México, el cual configura un entorno a través del cual las operaciones de pequeña escala encuentran barreras estructurales que menoscaban su sostenibilidad productiva y les dificultan ser parte del conjunto comercial.

Los resultados también arrojan datos importantes sobre el diseño de la política pública, indicando que debe formarse una política diferenciada mediante mecanismos de reducción de costos de transacción, acceso a mercados formales y fortalecimiento de las capacidades productivas de los pequeños productores, orientándolas hacia una mayor coordinación y sostenibilidad del sistema porcino.

8.1. Artículo 1. Vilchis Granados, G. B., Callejas Juárez, N., Estrada Flores, J. G., Núñez Espinoza, J. F., Rogers Montoya, N. A., & Martínez Castañeda, F. E. (2025). The dynamics of the pork-market structure in the State of Mexico, 2017–2021. *Agro Productividad*, 17(3). <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i3.3290>

8.2. Artículo 2. Vilchis Granados, G. B., Callejas Juárez, N., Estrada Flores, J. G., Trujillo Ortega, M. E., & Martínez Castañeda, F. E. (2025). Connectivity and centralization in the movement of pigs in the state of Mexico (2017–2021): An approach to alignment with the Sustainable Development Goals (SDG). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 16(2), 306–327.

<https://doi.org/10.22319/rmcp.v16i2.6825>

9. OTROS RESULTADOS

Además de los resultados derivados del análisis de estructura de mercado y de la red de movilización porcina, el estudio permitió identificar elementos adicionales que contribuyen a comprender la organización productiva y las condiciones institucionales de la porcicultura de pequeña escala en el Estado de México.

En primer lugar, se identificó una marcada heterogeneidad productiva entre las unidades analizadas; incluso dentro del estrato de pequeña escala se observaron diferencias significativas en aspectos como el tamaño del hato, el manejo sanitario, el acceso a insumos productivos y las estrategias de comercialización. Esta diversidad refleja distintos niveles de capitalización, capacidades técnicas y grado de vinculación con el mercado, en concordancia con lo reportado en la literatura sobre sistemas pecuarios familiares, donde la pequeña escala se reconoce como un conjunto heterogéneo de unidades con trayectorias productivas diferenciadas (Herrero & Thornton, 2013).

En segundo lugar, el análisis permitió identificar la relevancia del marco institucional y regulatorio en la operación de las unidades productivas. La normativa vigente resulta fundamental para garantizar la inocuidad y el control epidemiológico en las cadenas pecuarias; sin embargo, su cumplimiento puede implicar costos administrativos y operativos relativamente elevados para los productores de pequeña escala. Estas exigencias pueden convertirse en barreras de acceso para unidades con menor capacidad financiera o limitada organización productiva. Los diversos estudios han señalado que los costos regulatorios y de transacción tienden a afectar de manera desproporcionada a los pequeños productores agropecuarios, reduciendo sus posibilidades de integración en mercados formales (North, 1990; Williamson, 1985).

Los resultados del análisis económico de los sistemas de producción porcina de pequeña escala fueron sometidos a evaluación académica internacional, como parte de los productos científicos derivados de esta investigación.

9.1. Ponencia en congreso internacional. Vilchis Granados, G. B., Martínez Castañeda, F. E., Callejas Juárez, N., & Perea Peña, M. (2026). Economic performance and cost structure of smallholder piglet production systems. En Proceedings of the 28th International Pig Veterinarian Society Congress (IPVS 2026) (Topic 7: Pig Production and Sustainability, Abstract PO0988, p. 880). International Pig Veterinarian Society.

https://drive.google.com/file/d/1Mnx_C_RD8yiPk8vDATdB6sbbu8WuF55p/view?usp=drive_link

10. DISCUSIÓN GENERAL

Los resultados obtenidos permiten ampliar la comprensión del funcionamiento del sistema porcino en el Estado de México desde una perspectiva estructural, territorial y económica. La evidencia generada confirma que el sector presenta una organización jerárquica y concentrada, en la cual determinados territorios y actores desempeñan un papel central en la articulación de los flujos productivos y comerciales.

Desde la perspectiva territorial, el análisis de la red de movilización porcina mostró una estructura caracterizada por baja densidad de conexiones y una elevada centralización. Este patrón indica que el intercambio de animales vivos se concentra en un número reducido de nodos estratégicos que actúan como intermediarios dentro del sistema productivo. Estas configuraciones similares han sido documentadas en estudios de redes pecuarias, donde la centralización de los flujos puede contribuir a mejorar la eficiencia logística, aunque también genera vulnerabilidades asociadas a la propagación de enfermedades y a la dependencia de ciertos territorios clave (Zaldivar-Gómez *et al.*, 2024; Martínez-López *et al.*, 2009).

En este contexto, la importancia del Estado de México dentro del sistema porcino nacional no se explica principalmente por su volumen de producción primaria, sino por su función dentro de los circuitos de movilización y comercialización. La proximidad a grandes centros urbanos de consumo, junto con la presencia de infraestructura de sacrificio y comercialización, favorece su papel como nodo de recepción, sacrificio y redistribución de porcinos dentro de la red nacional.

Desde el punto de vista económico, el análisis de viabilidad productiva muestra que la rentabilidad de las unidades de producción porcina de pequeña escala se encuentra estrechamente condicionada por la estructura de costos. En particular, el alimento balanceado constituye el principal componente del costo total de producción, lo que coincide con diversos estudios que señalan que la alimentación

puede representar entre 60% y 80% de los costos en sistemas porcinos intensivos y semi-intensivos (Meyer & von Cramon-Taubadel, 2004; FAO, 2011).

Asimismo, la inclusión del costo de oportunidad de la mano de obra familiar modifica de manera significativa la evaluación económica de las unidades productivas. Este resultado coincide con la literatura sobre agricultura familiar, que destaca la importancia de considerar los costos implícitos para evitar sobreestimaciones en los indicadores de rentabilidad de los sistemas productivos (Herrero & Thornton, 2013).

Otro aspecto relevante se relaciona con el papel de los costos de transacción en la organización del sector porcino. La fragmentación de los productores de pequeña escala, la limitada coordinación entre unidades productivas y las dificultades de acceso a mercados formales generan condiciones que incrementan los costos asociados a la búsqueda de información, la negociación y el cumplimiento normativo. En la perspectiva de la economía institucional, estos costos influyen en la forma en que se organizan las transacciones dentro de los sistemas productivos y pueden favorecer procesos de concentración en actores con mayor capacidad organizativa y financiera (Williamson, 1985; North, 1990).

En este sentido, los resultados sugieren que las limitaciones que enfrentan los productores de pequeña escala no se explican únicamente por factores tecnológicos o productivos, sino también por la estructura institucional y territorial del sistema porcino. La interacción entre concentración de mercado, costos de transacción y exigencias regulatorias configura un entorno que puede restringir la capacidad de los pequeños productores para integrarse plenamente en las cadenas de valor agroalimentarias.

Los resultados muestran que el análisis del sector porcino requiere perspectivas integradas, teniendo en cuenta simultáneamente sus dimensiones productivas, económicas, territoriales e institucionales. Estos elementos fácticos indican que el mercado de la carne de cerdo está dotado de mecanismos de concentración para restringir la participación de los pequeños productores de los canales de comercialización más dinámicos, mientras que el modelo espacial de esta red de

movilización revela una organización concentrada de los flujos de la cadena ganadera.

La centralización observada no es una excepción, sino más bien un rasgo estructural de los sistemas ganaderos modernos, en los que la coordinación logística, sanitaria y comercial tiende a agruparse en nodos territoriales estratégicos. Sin embargo, esta disposición también puede dar lugar a vulnerabilidades sistémicas en términos sanitarios y económicos, al aumentar la interdependencia del sistema en manos de pocos actores o territorios.

En este contexto, la pequeña escala enfrenta limitaciones estructurales asociadas a su menor capacidad para absorber costos regulatorios, adoptar tecnologías especializadas o integrarse en cadenas de valor altamente coordinadas (Núñez Espinoza *et al.*, 2022). El comprender estas dinámicas resulta fundamental para orientar el diseño de políticas públicas que permitan reducir las barreras de integración productiva y fortalecer la sostenibilidad económica de los sistemas porcinos de pequeña escala.

11. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA PEQUEÑA ESCALA

El diseño de políticas públicas orientadas al sector porcino requiere reconocer la heterogeneidad estructural de los sistemas productivos que lo integran. En contextos donde coexisten sistemas altamente tecnificados con unidades familiares de pequeña escala, la aplicación de instrumentos homogéneos puede generar efectos distributivos diferenciados y profundizar las brechas de competitividad. Por ello, las políticas públicas deben considerar no solo los objetivos sanitarios y productivos del sector, sino también las condiciones económicas, territoriales e institucionales que determinan la participación de los distintos actores en las cadenas de valor agroalimentarias (North, 1990; IFAD, 2016; Lowder *et al.*, 2021).

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que la porcicultura de pequeña escala en el Estado de México enfrenta restricciones estructurales que limitan su integración en el sistema porcino regional y nacional. Estas restricciones se relacionan con tres dimensiones identificadas en el estudio: la concentración de mercado que condiciona el acceso a los canales de comercialización, la organización territorial de los flujos de movilización animal que estructura la articulación del sistema productivo, y la sensibilidad económica de las unidades productivas frente a los costos de producción. El conjunto de estos factores genera barreras que dificultan la inserción competitiva de los productores de pequeña escala.

En este contexto, es oportuno promover la implementación de esquemas regulatorios diferenciados para la pequeña escala. Los marcos de salud y trazabilidad son herramientas principales para minimizar el riesgo de seguridad de los productos pecuarios y el riesgo epidemiológico; sin embargo, diversos estudios han mostrado que los costos administrativos y de cumplimiento vinculados con dichos sistemas podrían afectar de manera desproporcionada a los pequeños productores (FAO, 2011). Por ello, es pertinente abogar por esquemas progresivos de cumplimiento que mantengan los estándares de salud pero con un proceso de

administración simplificado y disposiciones de asistencia técnica y apoyo institucional acordes para una formalidad productiva.

También es necesario reforzar la organización económica de los productores. En particular, la fragmentación del producto se traduce en una pérdida de poder de negociación que dificulta que los pequeños productores negocien mejores condiciones con proveedores y compradores, aumentando así los costos de transacción y limitando su acceso a mercados formales. Los esquemas asociativos pueden conducir a una mayor eficiencia económica al permitir economías de escala en la compra de insumos, la comercialización colectiva y la participación compartida en servicios técnicos y financieros (IFAD, 2016), lo cual ha sido evidenciado por la literatura sobre desarrollo rural. En este sentido, las políticas públicas deben fomentar la creación y consolidación de organizaciones económicas rurales que fortalezcan los vínculos de producción y comercialización.

Esto enfatiza la necesidad de reforzar la infraestructura territorial para la comercialización de ganado. Las mejoras tanto en la infraestructura logística como en la de salud pueden disminuir las fricciones territoriales, aumentar la integración de los productores locales en circuitos de comercialización formales y mejorar la eficiencia del flujo pecuario. La disponibilidad de infraestructura suficiente es un factor clave para fortalecer la competitividad del sistema porcino a lo largo de la cadena de valor y mejorar el acceso a los mercados (FAO 2018).

De este modo, reforzar las capacidades técnico-productivas y la gestión económica de los productores es fundamental. Se ha reportado que la sostenibilidad de los sistemas pecuarios familiares no solo se asocia con el acceso a tecnología productiva, sino también con la capacidad de gestión de los productores para planificar inversiones y adoptar estrategias comerciales adecuadas (Herrero & Thornton, 2013). En este marco, la política pública debe incluir programas de capacitación para aumentar las habilidades de los productores en la gestión técnica, el control de costos, la planificación de la producción y el cumplimiento de los requisitos sanitarios.

Además, debe promoverse el acceso a instrumentos financieros adaptados a los pequeños productores. Las restricciones temporales al acceso a mercados de recursos son, en parte, responsables de limitar la adopción de mejoras tecnológicas, sanitarias y de otra infraestructura en las unidades de producción (Carter & Barrett, 2006). Por lo tanto, es esencial diseñar mecanismos de financiamiento con perfiles elegibles basados en los sistemas familiares; como esquemas de crédito rural, fondos de garantía y programas de inversión productiva que faciliten el acceso al financiamiento.

Incluidas conjuntamente, estas medidas buscan apoyar el diseño de lineamientos de intervención pública que abarquen la diversidad del sector porcino y generen situaciones mucho más justas para que los productores de pequeña escala participen en mercados agroalimentarios. La política pública para el sector porcino debe centrarse en la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles que integren la rentabilidad económica, asegurando al mismo tiempo la salud pública y reduciendo las externalidades ambientales (Le Coq *et al.*, 2021). En este sentido, es relevante alentar estrategias que descentralicen los nodos de movilización como medio para ahorrar costos logísticos, además de mejorar la articulación territorial de los flujos pecuarios; promover programas de transferencia de tecnología que conduzcan a reducir la exclusión del ecosistema científico-productivo (Núñez Espinoza *et al.*, 2022); y reconocer formalmente el valor social y económico del trabajo familiar con miras a diseñar incentivos económicos adaptados a las condiciones de pequeña escala.

12. CONCLUSIONES

La investigación analizó el funcionamiento de la movilización porcina vinculada al Estado de México mediante un enfoque que integró tres dimensiones analíticas: la estructura del mercado porcino, la organización territorial de los flujos de movilización de porcinos vivos y la viabilidad económica de las unidades de producción porcina de pequeña escala. Esta articulación permitió comprender cómo los factores económicos, territoriales e institucionales influyen en la organización de los flujos de movilización pecuaria.

El análisis de la estructura del mercado porcino se basó en los flujos de movilización de porcinos asociados al Estado de México, considerando los movimientos entre el estado y otras entidades federativas, así como entre municipios del propio estado y entre municipios del Estado de México y municipios de otras entidades. Los resultados muestran que el Estado de México desempeña un papel relevante dentro de estos circuitos al funcionar principalmente como un espacio de recepción, sacrificio y redistribución de animales, lo que evidencia su importancia territorial dentro de los flujos de movilización pecuaria.

El estudio de la organización territorial de la movilización porcina, realizado mediante herramientas de Análisis de Redes Sociales, permitió identificar nodos territoriales que concentran la articulación de los flujos pecuarios y estructuran los circuitos de comercialización. Estos resultados evidencian que la dinámica del sector depende en gran medida de la articulación territorial entre regiones productoras, centros de acopio, rastros y zonas de consumo, lo que refleja la importancia de los vínculos territoriales en la configuración del sistema porcino.

El análisis económico evidenció que la viabilidad de la producción porcina de pequeña escala depende no solo de la eficiencia productiva, sino también de factores estructurales como la estructura de costos de producción, el acceso a mercados y las condiciones territoriales de comercialización. Este análisis se sustentó en información primaria obtenida de productores de pequeña escala del

Estado de México, lo que permitió evaluar costos de producción, ingresos y distintos escenarios de rentabilidad.

En conjunto, la evidencia empírica generada a partir del análisis de los flujos de movilización porcina, la organización territorial de la red de movilización y la evaluación económica de unidades productivas permitió identificar restricciones estructurales, territoriales y económicas que afectan la participación de los productores de pequeña escala en los mercados pecuarios. Estos resultados muestran la presencia de fallas de mercado, asimetrías de información y costos de transacción asociados tanto a la concentración territorial de los flujos de movilización como a las limitaciones económicas que enfrentan los productores.

En este contexto, el estudio aporta bases empíricas para orientar el análisis y diseño de lineamientos de política pública dirigidos a mejorar la eficiencia del sistema de movilización porcina, fortalecer la articulación territorial del mercado porcino, reducir barreras de acceso a mercados formales y promover condiciones más equitativas de participación para los productores de pequeña escala. La investigación contribuye a ampliar el conocimiento sobre la organización económica y territorial del sistema porcino y aporta certeza relevante para promover un sistema porcino más equilibrado y sostenible.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Almazan-Figueroa, O., Rebollar-Rebollar, S., Gómez-Tenorio, G., & Hernández-Martínez, J. (2018). Efectos de la depreciación del peso mexicano sobre el mercado de la carne de cerdo. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 557–569. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.30105>
- Alvarado, J., Puente, A., Rubio, M. S., & Villarreal, F. G. (2017). La cadena de valor de embutidos y otras conservas de carne de cerdo en México. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/7fca71e5-0c02-4035-a2e3-bef8be223c8a/content>
- Bachev, H. (2023). Agrarian governance – Who, what, why, how, where, when, price? SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4432256>
- Barrett, C. B., Bachke, M. E., Bellemare, M. F., Michelson, H. C., Narayanan, S., & Walker, T. F. (2012). Smallholder participation in contract farming: Comparative evidence from five countries. *World Development*, 40(4), 715–730. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.09.006>
- Batres-Marquez, S. P., Clemens, R. L., & Jensen, H. H. (2007). Mexico's changing pork industry: The forces of domestic and international market demand. *Choices: The Magazine of Food, Farm, and Resource Issues*, 22(1), 7–12. <https://www.choicesmagazine.org/2007-1/foodchains/2007-1-02.pdf>
- Bobadilla Soto, E. E., Espinoza Ortega, A., & Martínez Castañeda, F. E. (2013). Competitividad y rentabilidad en granjas porcinas productoras de lechón. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(1), 87–92. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2828>
- Borgatti, S. P., Mehra, A., Brass, D. J., & Labianca, G. J. (2009). Network analysis in the social sciences. *Science*, 323(5916), 892–895. <https://doi.org/10.1126/science.1165821>

- Callejas Juárez, N., Martínez Castañeda, F. E., & Rebollar Rebollar, S. (2020). Estructura de mercado para cerdos vivos en México. *Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 31(2), 116-123.
<https://doi.org/10.5565/rev/redes.888>
- Carter, M. R., & Barrett, C. B. (2006). The economics of poverty traps and persistent poverty: An asset-based approach. *Journal of Development Studies*, 42(2), 178–199. <https://doi.org/10.1080/00220380500405261>
- Congreso de la Unión. (1999). Ley de Organizaciones Ganaderas. Diario Oficial de la Federación.
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/log/LOG_orig_06ene99.pdf
- Congreso de la Unión. (2001). Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LDRS.pdf>
- Congreso de la Unión. (2007). Ley Federal de Sanidad Animal. Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFSA.pdf>
- Costales, A., Delgado, C. L., Catelo, M. A., Lapar, M. L., Tiongco, M., Ehui, S. K., & Bautista, A. Z. (2007). Scale and access issues affecting smallholder hog producers in an expanding peri-urban market: Southern Luzon, Philippines (IFPRI Research Report 151). International Food Policy Research Institute.
<https://doi.org/10.2499/9780896291591RR151>
- De Lucio, J., & Mora-Sanguinetti, J. S. (2022). Drafting “better regulation”: The economic cost of regulatory complexity. *Journal of Policy Modeling*, 44(1), 163–183. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2021.10.003>
- Delgado, C. L., Narrod, C. A., Tiongco, M. M., Barros, G. S. de C., Catelo, M. A., Costales, A., Mehta, R., Naranong, V., Poapongsakorn, N., Sharma, V. P., & de Zen, S. (2008). Determinants and implications of the growing scale of livestock farms in four fast-growing developing countries. International Food Policy Research Institute. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.92804>

- Delgado, C. L., Rosegrant, M. W., Steinfeld, H., Ehui, S., & Courbois, C. (1999). Livestock to 2020: The next food revolution (Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper No. 28). International Food Policy Research Institute. <https://hdl.handle.net/10568/333>
- FAO. (2011). World livestock 2011: Livestock in food security. FAO. <https://www.fao.org/3/i2373e/i2373e.pdf>
- FAO. (2012). Pig sector Kenya. FAO Animal Production and Health Livestock Country Reviews. <https://www.fao.org/3/i2566e/i2566e.pdf>
- FAO. (2013). Value chain analysis for policy making. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a5c611c1-f26b-4d1d-a9a6-27e8c76b0a47/content>
- FAO. (2018). The State of Agricultural Commodity Markets 2018: Agricultural trade, climate change and food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/l9542EN/i9542en.pdf>
- FAO. (2018). The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/l8429EN/i8429en.pdf>
- FAO. 2021. The State of Food and Agriculture 2021. Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4476en>
- FAO. (2023). FAOSTAT statistical database. <https://www.fao.org/faostat>
- Fèvre, E. M., Bronsvoort, B. M. de C., Hamilton, K. A., & Cleaveland, S. (2006). Animal movements and the spread of infectious diseases. Trends in Microbiology, 14(3), 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2006.01.004>
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Faluccci, A., & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. FAO. <https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>

- Giraldi-Díaz, M. R., Castillo-González, E., De Medina-Salas, L., Velásquez-De la Cruz, R., & Huerta-Silva, H. D. (2021). Environmental impacts associated with intensive production in pig farms in Mexico through life cycle assessment. *Sustainability*, 13(20), 11248. <https://doi.org/10.3390/su132011248>
- Guimarães, A. F., Schiavi, S. M. de A., Pereira, J. A., Souza, J. P. de, & Bouroullec, M. D. M. (2022). Governance structure and innovation to create and remunerate value in the specialty beef chain. *Revista Ibero-Americana de Estratégia*, 21(1), e20530. <https://doi.org/10.5585/riae.v21i1.20530>
- Haldar, A., Das, D., Saha, B., Pal, P., Das, S., Das, A., Rajkhowa, D. J., Hazarika, S., & Datta, M. (2017). Smallholder pig farming for rural livelihoods and food security in North East India. *Journal of Animal Research*, 7(3), 471–481. <https://doi.org/10.5958/2277-940X.2017.00070.5>
- Hernández-Martínez, J., Rodríguez-Licea, G., Gómez-Tenorio, G., Guzmán-Soria, E., Rebollar-Rebollar, E., & Rebollar-Rebollar, S. (2020). Análisis de la competitividad de la porcicultura en Tejupilco y Luvianos, México (2006-2018). *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 654-668. <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.39337>
- Herrero, M., & Thornton, P. K. (2013). Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(52), 20878–20881. <https://doi.org/10.1073/pnas.1321844111>
- HLPE. (2016). Sustainable agricultural development for food security and nutrition: What roles for livestock? High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. <https://www.fao.org/3/i5795e/i5795e.pdf>
- HLPE. (2020). Food security and nutrition: Building a global narrative towards 2030. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. <https://www.fao.org/3/ca9731en/ca9731en.pdf>

- Iacolina, L., Penrith, M.-L., Bellini, S., Chenais, E., Jori, F., Montoya, M., Ståhl, K., & Gavier-Widén, D. (Eds.). (2021). Understanding and combating African swine fever: A European perspective. Wageningen Academic Publishers. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-910-7>
- Ibarrola-Rivas, M. J., Orozco-Ramírez, Q., & Guibrunet, L. (2023). How much of the Mexican agricultural supply is produced by small farms, and how? PLOS ONE, 18(10), e0292528. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292528>
- IFAD. (2016). Rural development report 2016: Fostering inclusive rural transformation. IFAD. <https://www.ifad.org/documents/48415603/49812817/Rural+development+report+2016.pdf>
- Laffont, J.-J., & Tirole, J. (1993). A theory of incentives in procurement and regulation. MIT Press.
- Le Coq, J.-F., Grisa, C., Guéneau, S., & Niederle, P. (Eds.). (2021). Políticas públicas y sistemas alimentarios en América Latina. Río de Janeiro: E-papers. https://www.researchgate.net/publication/354692090_Políticas_publicas_y_sistemas_alimentarios_en_America_Latina
- Lopes, E. R., & Augusto, C. A. (2023). Aspectos da coordenação no setor de viticultura. Economia y Región, 11(3). <https://doi.org/10.5433/2317-627x.2023.v11.n3.47464>
- Lowder, S. K., Sánchez, M. V., & Bertini, R. (2021). Which farms feed the world and has farmland become more concentrated? World Development, 142, 105455. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105455>
- Makkar, H. P. S. (2016). Animal nutrition in a 360-degree view and a framework for future R&D work: Towards sustainable livestock production. Animal Production Science, 56(10), 1561–1568. <https://doi.org/10.1071/AN15265>

- Martínez Castañeda, F. E., Callejas Juárez, N., Cuevas Reyes, O., Rogers Montoya, N. A., Gómez Tenorio, G., Trujillo Ortega, M. E., Peñuelas Rivas, C. G., & Hernández, E. (2024). Economic and financial viability of a pig farm in central semi-tropical Mexico: 2022–2026 prospective. *PLOS ONE*, 19(5), e0298897. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298897>
- Martinez, S. W. (2002). Vertical coordination of marketing systems: Lessons from the poultry, egg, and pork industries (Agricultural Economic Report No. 807). U.S. Department of Agriculture (USDA), Economic Research Service. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.34051>
- Martínez-López, B., Pérez, A. M., & Sánchez-Vizcaíno, J. M. (2009). Social network analysis: Review of general concepts and use in preventive veterinary medicine. *Transboundary and Emerging Diseases*, 56(4), 109–120. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2009.01073.x>
- Mateos, G. G., Corrales, N., Talegón, G., & Aguirre, L. (2024). Pig meat production in the European Union-27: Current status, challenges, and future trends. *Animal Bioscience*, 37(4), 755–774. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0496>
- Ménard, C. (2004). The economics of hybrid organizations. *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 160(3), 345–376. <https://doi.org/10.1628/0932456041960605>
- Méndez-Barrón, R. (2021). Inocuidad, normatividad y calidad como estrategia competitiva: experiencias en el sector porcícola de México y Sonora. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 31(58), e211155. <https://doi.org/10.24836/es.v31i58.1155>
- Meyer, J., & von Cramon-Taubadel, S. (2004). Asymmetric price transmission: A survey. *Journal of Agricultural Economics*, 55(3), 581–611. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2004.tb00116.x>

- Mora-Sanguinetti, J. S., Quintana, J., Soler, I., & Spruk, R. (2023). Sector-level economic effects of regulatory complexity: Evidence from Spain (Working Papers No. 2312). Banco de España. <https://doi.org/10.53479/29854>
- Muñoz Luna, A., & Rouco Yáñez, A. (1995). Análisis de costes de producción del lechón comercial en explotaciones tipo de la Región de Murcia. Archivos de Zootecnia, 44(168), 391–402. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1404812.pdf>
- North, D. C. (1990). Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>
- Núñez Espinoza, J. F., Martínez Castañeda, F. E., Ávila Pérez, F., & Rendón Rendón, M. C. (2022). A structural approach to some contradictions in worldwide swine production and health research. Sustainability, 14(8), 4748. <https://doi.org/10.3390/su14084748>
- OECD. (2020). Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2020. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/928181a8-en>
- OECD. (2023). OECD SME and Entrepreneurship Outlook 2023. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/342b8564-en>
- OECD & FAO. (2018). OECD-FAO Agricultural Outlook 2018–2027. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en
- OECD & FAO. (2023). OECD-FAO Agricultural Outlook 2023–2032. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
- OECD/FAO. (2024). OECD/FAO agricultural outlook 2024–2033. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en>
- Oliveira-Júnior, P. C., Barbeto, H. D., Colares-Santos, L., & Kato-Cruz, É. M. (2020). Estrutura de governança na cadeia da carne bovina especial: Um estudo de caso em uma empresa de Presidente Prudente/SP. Revista Gestão e Desenvolvimento, 17(1), 49–67. <https://doi.org/10.25112/rgd.v17i1.1947>

- Peltzman, S. (2000). Prices rise faster than they fall. *Journal of Political Economy*, 108(3), 466–502. <https://doi.org/10.1086/262126>
- Reardon, T., Barrett, C. B., Berdegue, J. A., & Swinnen, J. F. M. (2009). Agrifood industry transformation and small farmers in developing countries. *World Development*, 37(11), 1717–1727. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.08.023>
- Richardson, S. B. (2022). Responding to regulatory barriers to “ethical meat”: Are on-farm slaughter exemptions the solution? *Canadian Journal of Law and Society / Revue Canadienne Droit et Société*, 37(2), 295–318. <https://doi.org/10.1017/cls.2022.10>
- Robinson, S. E., & Christley, R. M. (2007). Exploring the role of livestock markets in cattle movements and disease transmission. *Preventive Veterinary Medicine*, 81(1–3), 21–37. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2007.04.011>
- Rodríguez, D. I., Anríquez, G., & Riveros, J. L. (2016). Food security and livestock: The case of Latin America and the Caribbean. *Ciencia e Investigación Agraria*, 43(1), 5–25. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202016000100001>
- SAGARPA. (1995). NORMA Oficial Mexicana NOM-024-ZOO-1995, Especificaciones y características zoosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/202301/NOM-024-ZOO-1995_161095.pdf
- Salinas-Martínez, J. A., Posadas-Domínguez, R. R., Morales-Díaz, L. D., Rebollar-Rebollar, S., & Rojo-Rubio, R. (2020). Cost analysis and economic optimization of small-scale dairy production systems in Mexico. *Livestock Science*, 237, 104028. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104028>
- Sánchez-Navarro, J. L., Arcas-Lario, N., Bijman, J., & Hernández-Espallardo, M. (2024). The role of agricultural cooperatives in mitigating opportunism in the context of complying with sustainability requirements: Empirical evidence

- from Spain. *Agricultural and Food Economics*, 12, Article 40. <https://doi.org/10.1186/s40100-024-00332-8>
- Sarmiento, C. M., & Lima, S. J. (2024). Grau de verticalização e ambidestralidade organizacional: Um estudo em cooperativas agropecuárias. *Innovar*, 34(93), e102838. <https://doi.org/10.15446/innovar.v34n93.102838>
- Savian, M., Simon, C. P., & Holden, N. M. (2023). Evaluating environmental, economic, and social aspects of an intensive pig production farm in the south of Brazil: A case study. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 28, 1544–1560. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02223-4>
- Schejtman, A., & Berdegue, J. A. (2004). Desarrollo territorial rural. RIMISP – Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. https://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1363093392schejtman_y_berdegue2004_desarrollo_territorial_rural_5_rimisp_CArduMen.pdf
- Schrobback, P. (2024). Methods and data needs to estimate the economic (market) value of livestock at different spatial scales. *Revue Scientifique et Technique (WOAH)*, 43, 30–38. <https://doi.org/10.20506/rst.43.3515>
- SENASICA. (2022). Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria 2022. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/programa-de-sanidad-e-inocuidad-agroalimentaria-2022>
- SENASICA. (2023). Movilización nacional pecuaria. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/movilizacion-nacional-pecuaria>
- SIAP. (2023a). Estructura territorial de la SAGARPA: Delegaciones, Distritos de Desarrollo Rural (DDR) y Centros de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER). <https://datamx.io/dataset/mapas-de-la-estructura-territorial-de-la-sagarpa-siap>

- SIAP. (2023b). Panorama agroalimentario: carne de cerdo 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
<https://www.gob.mx/siap/documentos/panorama-agroalimentario-carne-de-cerdo-2023>
- SIAP. (2024a). Anuario estadístico de la producción ganadera.
<https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>
- SIAP. (2024b). Producción pecuaria, 2017–2024. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>
- SIAP. (2025). Panorama agroalimentario 2025. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. https://nube.agricultura.gob.mx/panorama_dgsiap/2025.pdf
- Silva Alves, L. K., Gameiro, A. H., Schinckel, A. P., & Garbossa, C. A. P. (2022). Development of a swine production cost calculation model. *Animals*, 12(17), 2229. <https://doi.org/10.3390/ani12172229>
- Stiglitz, J. E. (2000). The contributions of the economics of information to twentieth century economics. *Quarterly Journal of Economics*, 115(4), 1441–1478.
<https://doi.org/10.1162/003355300555015>
- Suárez, J. L. H. (2021). Política pública hacia la agricultura protegida en el gobierno de López Obrador. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1029–1041. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2776>
- Sudré, C. A. G. W., Souza, J. P. D., & Bouroullec, M. D. M. (2021). Property rights and reputation in the dairy agro-industrial system. *RAUSP Management Journal*, 56(4), 425–443. <https://doi.org/10.1108/RAUSP-07-2020-0145>
- Syukron, M., & Su, Y. (2023). Understanding small- and very-small-scale meat processors in Missouri to strengthen the local supply chain. *Journal of*

- Agriculture, Food Systems, and Community Development, 12(2), 185–200.
<https://doi.org/10.5304/jafscd.2023.122.006>
- Thornton, P. K. (2010). Livestock production: Recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365(1554), 2853–2867.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0134>
- Trejo-Pech, C. O., Servín-Juárez, R., & Reyes-Duarte, Á. (2023). What sets cooperative farmers apart from non-cooperative farmers? A transaction cost economics analysis of coffee farmers in Mexico. *Agricultural and Food Economics*, 11(1), Article 14. <https://doi.org/10.1186/s40100-023-00256-9>
- USDA. (2024). Livestock and poultry: World markets and trade. Foreign Agricultural Service, U.S. Department of Agriculture.
<https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>
- Vilchis Granados, G. B., Callejas Juárez, N., Estrada Flores, J. G., Núñez Espinoza, J. F., Rogers Montoya, N. A., & Martínez Castañeda, F. E. (2025a). The dynamics of the pork-market structure in the State of Mexico, 2017–2021. *Agro Productividad*, 17(3), 53–60. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i3.3290>
- Vilchis Granados, G. B., Callejas Juárez, N., Estrada Flores, J. G., Trujillo Ortega, M. E., & Martínez Castañeda, F. E. (2025b). Connectivity and centralization in the movement of pigs in the State of Mexico (2017–2021): An approach to alignment with the Sustainable Development Goals (SDG). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 16(2), 306–327.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v16i2.6825>
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511815478>
- Williamson, O. E. (1985). *The economic institutions of capitalism: Firms, markets, relational contracting*. Free Press.

- Williamson, O. E. (2005). The economics of governance. *American Economic Review*, 95(2), 1–18. <https://doi.org/10.1257/000282805774669880>
- Zaldivar-Gómez, A., Gómez-Vázquez, J. P., Martínez-López, B., Suzán, G., & Rico-Chávez, O. (2024). Analysis of the swine movement network in Mexico: A perspective for disease prevention and control. *PLOS ONE*, 19(8), e0309369. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309369>