


Conectividad y centralización en la movilización de ganado porcino del Estado de México (2017-2021): una aproximación de alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)



Gabriela Berenice Vilchis Granados ^a

Nicolás Callejas Juárez ^b

Julieta Gertrudis Estrada Flores ^a

María Elena Trujillo Ortega ^c

Francisco Ernesto Martínez Castañeda ^{a*}

^a Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. 50200, Toluca, Estado de México, México.

^b Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología. Chihuahua, México.

^c Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia: femartinezc@uaemex.mx

Resumen:

Se analizó la estructura de la red de movilización porcina en el Estado de México. A través del análisis de redes sociales, se identificaron los principales municipios de origen y destino que participaron en la comercialización de cerdos para los mercados de rastro, engorda, reproducción y ferias, evaluando su centralidad e intermediación en la red. Los datos, provenientes de registros de movilización porcina autorizados por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), corresponden al periodo 2017-2021. Los resultados indicaron que la estructura general de la red está altamente centralizada

en un número reducido de municipios, como La Paz y Ecatepec de Morelos, los cuales funcionaron como nodos clave en la distribución del ganado porcino. Esta centralización favoreció la eficiencia comercial al garantizar un flujo constante hacia mercados estratégicos, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al crecimiento económico en los municipios más conectados. No obstante, también se identificaron riesgos importantes, como la vulnerabilidad ante interrupciones en la red, desigualdades económicas entre municipios y la generación de cuellos de botella en la distribución. Además, la baja densidad de conexiones entre municipios podría limitar la cohesión de la red, resaltando la necesidad de diversificar las relaciones comerciales y fortalecer la conectividad para reducir riesgos y fomentar una red más equitativa y resiliente.

Palabras clave: Flujo de información, Política pública, Seguridad alimentaria, Transporte.

Recibido: 02/12/2024

Aceptado: 01/04/2025

Introducción

En 2022, la producción mundial de carne alcanzó 122'585,397 t, con China como líder⁽¹⁾, generando el 46 % de la producción mundial de cerdo, cifra equivalente a la producción combinada de los 16 principales países productores. Se proyecta que para 2033 la producción mundial aumentará de 122 millones de t en 2023 a 131 millones, al igual que el consumo mundial de cerdo también en todas las regiones, excepto en Europa⁽²⁾.

El crecimiento demográfico y el aumento del poder adquisitivo han impulsado una producción porcina intensiva cada vez más dependiente de la tecnología y menos vinculada a la tierra, lo que ha reorientado el debate hacia los impactos ambientales del crecimiento poblacional y su efecto en la disponibilidad de recursos naturales^(3,4). En México, en 2022 el país se posicionó como el 11.º productor a nivel internacional y como el segundo importador de carne de cerdo⁽¹⁾. La proteína porcina fue la más importada por el país⁽⁵⁾, principalmente de Estados Unidos y Canadá, cuyos sistemas de producción porcina intensiva han crecido significativamente, favoreciendo grandes explotaciones que contribuyen a la demanda global de carne⁽⁶⁾.

En 2023, 16'555,726 cerdas reproductoras se encontraban en las principales mega granjas porcinas⁽⁷⁾, aunque el resto proviene de pequeños y medianos criaderos. En México existen 2,632 granjas según su función zootécnica⁽⁸⁾. Las unidades de producción de pequeña escala o de traspatio generan entre el 20 y 30 % de la carne de cerdo y representan el 40 % del

inventario animal, con aproximadamente 20,000 productores en municipios rurales⁽⁸⁾. A pesar de la importancia de los pequeños productores, los subsidios gubernamentales son limitados, generando una competencia desigual⁽⁹⁾. Existe una relación positiva entre el acceso al crédito y el incremento de la producción en especies de crecimiento estable como la porcina⁽¹⁰⁾.

En los municipios, la producción porcina es esencial para la seguridad alimentaria y el bienestar económico, representando hasta el 50 % de los ingresos familiares en algunas zonas rurales^(11,12), fungen como proveedores de insumos en otras actividades⁽¹³⁾ y son la base de la organización política y administrativa del país⁽¹⁴⁾. El Estado de México, con 125 municipios y 16'992,418 habitantes, presenta un déficit en la producción porcina, con un volumen total de 22,408 t^(15,16).

La teoría de redes sociales es una herramienta valiosa para analizar la estructura del mercado, ya que describe las conexiones entre actores y cadenas de valor mediante medidas de centralización y agrupamiento⁽¹⁷⁾. Estas herramientas permiten abordar problemáticas y proponer soluciones para la producción y distribución porcina. Los municipios enfrentan desafíos para un desarrollo sostenible debido a limitaciones institucionales, técnicas, humanas y financieras^(18,19). En el Estado de México, la capacidad financiera es limitada por la baja recaudación y la alta dependencia de transferencias federales, restringiendo su autonomía fiscal^(20,21). En este contexto, el sector porcino se posiciona como clave para alcanzar las metas a nivel político y de observancia de objetivos de la sostenibilidad⁽¹⁹⁾. Esto para comprender mejor las dinámicas comerciales, identificar vulnerabilidades económicas y sociales, y proponer estrategias que diversifiquen las relaciones comerciales, fomentando una red resiliente, sostenible y equitativa. Este trabajo busca identificar los principales municipios que actúan como origen y destino en la transferencia de cerdos, así como evaluar su centralidad, intermediación y patrones de conexión dentro de la red.

Material y métodos

El análisis de la estructura de la movilización porcina se realizó mediante la metodología de Análisis de Redes Sociales (ARS). La red estuvo conformada por 125 municipios del Estado de México y 441 municipios de otras entidades federativas con las que se establecieron relaciones. Se analizaron cuatro tipos de mercados: rastro, engorda, reproducción y ferias. Los datos se organizaron en una lista de adyacencia, donde la primera columna representaba los porcinos movilizados según su origen (x_i) y la segunda columna correspondía a los porcinos recibidos según su destino (x_j). El análisis se llevó a cabo a nivel municipal e intermunicipal, incorporando atributos como los años (2017-2021), el tipo de movimiento (origen o destino), el tipo de mercado, así como el grado de centralidad y agrupamiento de los nodos.

Para el procesamiento de los datos, se utilizó el software UCINET versión 6.52, que permitió identificar las jerarquías y roles de participación entre los municipios, además de calcular métricas matemáticas de centralidad e intermediación.

El grado de centralidad, se refiere al número de actores con los que un nodo está directamente conectado⁽²²⁾. La ecuación matemática se define como:

$$d_i = \sum_{i < k < j} \frac{g_{ikj}}{g_{ij}}, \forall i \in V$$

Donde, la fórmula d_i calcula un valor relacionado con la importancia o centralidad del nodo i dentro de una red, basada en los caminos más cortos entre otros nodos que pasan a través de i . Específicamente el cociente $\frac{g_{ikj}}{g_{ij}}$ mide la fracción de los caminos más cortos entre i y j que pasan por un nodo intermedio k . La suma sobre k y j agrega estas fracciones para capturar el impacto total del nodo i en todos los caminos relevantes de la red.

V : Representa un conjunto de nodos o vértices en un grafo. Cada elemento $i \in V$ es un nodo del grafo. g_{ikj} : Representa una métrica asociada con los caminos en el grafo que pasan por el nodo K al viajar desde el nodo i hasta el nodo j . A menudo se refiere al número de caminos geodésicos (los más cortos) que incluyen al nodo k . g_{ij} : Es la cantidad total de caminos geodésicos entre los nodos i y j , independientemente de si pasan por algún nodo intermedio. $\sum_{i < k < j}$: Indica que la suma se realiza sobre todos los nodos intermedios k entre i y j , respetando el orden $i < k < j$. Esto asegura que se consideran únicamente los nodos que están entre i y j en el contexto del análisis.

El grado de intermediación, mide la frecuencia con la que un nodo se encuentra en los caminos más cortos entre otros nodos de la red⁽²³⁾. Según Heredia, *et al*⁽²²⁾, la fórmula es:

$$g_k = \sum_{i < k < j} \frac{g_{ikj}}{g_{ij}}, \forall k \in V$$

V : Es el conjunto de nodos o vértices en un grafo. Cada $k \in V$ es un nodo específico para el cual se calcula esta métrica, g_{ikj} : Es la cantidad de caminos más cortos (geodésicos) entre los nodos i y j que pasan por el nodo intermedio k . Este término mide la relevancia de k como intermediario en la conexión entre i y j . g_{ij} : Es el número total de caminos más cortos entre los nodos i y j , sin importar si pasan por k o no. $\frac{g_{ikj}}{g_{ij}}$: este cociente mide la fracción de caminos más cortos entre i y j que pasan por k . Si todos los caminos más cortos entre i y j pasan por k , el valor será 1. Si ningún camino pasa por k , el valor será 0. $\sum_{i < k < j}$: La suma se realiza sobre todos los pares de nodos i y j que satisfacen la condición $i < k < j$. Esto asegura que se consideran solo los casos en los que k es un nodo intermedio entre i y j . La expresión g_k mide la relevancia del nodo k como intermediario en los caminos más cortos de la red, cuantificando qué tan "central" es el nodo k en términos de su capacidad para conectar otros pares de nodos en la red. Si, g_k es alto, significa que k está involucrado en muchos de los

caminos más cortos entre pares de nodos i y j , lo que lo hace un nodo clave para la conectividad de la red.

Análisis de entrada y salida de porcinos

Se analizaron las métricas de “indegree” (grado de entrada) y “outdegree” (grado de salida) para evaluar la actividad de los municipios en la red. El grado de entrada representa el número de porcinos que llegan a un municipio destino, permitiendo identificar los principales puntos de distribución⁽²⁴⁾. Mientras que, el grado de salida indica la cantidad de porcinos que salen de un municipio origen, revelando los principales proveedores de porcinos dentro de la red^(25,26,27). El cálculo de los promedios de entrada y salida se realizó por medio del software VISIONE versión 2.26. Este programa facilitó la identificación del volumen total de movilización de porcinos entre municipios, proporcionando una visión detallada de las dinámicas comerciales en el Estado de México. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

Promedio *indegree* (grado de entrada)

$$\bar{d}_i = \frac{\sum_{i=1}^g d_{1(n_1)}}{g}$$

\bar{d}_i : Representa el promedio del grado de entrada de un nodo (o conjunto de nodos) a lo largo de g configuraciones. g : Es la cantidad de instancias, configuraciones, o situaciones analizadas. $d_{1(n_1)}$: Es el grado de entrada del nodo n_1 en una configuración particular i . Esto mide el número de conexiones dirigidas hacia n_1 en esa instancia. $\sum_{i=1}^g$: Indica que se suman los valores del grado de entrada $d_{1(n_1)}$ en todas las g configuraciones. Esta fórmula calcula el promedio del grado de entrada del nodo n_1 a través de g configuraciones. Si g representa estados en el tiempo, este promedio indica el grado de conectividad que un nodo recibe, en promedio, a lo largo de esos estados.

Promedio *outdegree* (grado de salida)

$$\bar{d}_o = \frac{\sum_{i=1}^g d_{o(n_i)}}{g}$$

\bar{d}_o : Representa el promedio del grado de salida de un nodo (o conjunto de nodos) a lo largo de g configuraciones. g : Es la cantidad de instancias, configuraciones, o situaciones analizadas. $d_{o(n_i)}$: Es el grado de salida del nodo n_i en una configuración particular i . Esto mide el número de conexiones dirigidas hacia n_i en esa instancia. $\sum_{i=1}^g$: Indica que se suman los valores del grado de salida $d_{o(n_i)}$ en todas las g configuraciones. Esta fórmula calcula el promedio del grado de salida del nodo n_i a través de g configuraciones. Similar al caso del grado de entrada, si g representa estados temporales, este promedio indica cuántas conexiones dirige un nodo hacia otros, en promedio, a lo largo del tiempo.

Datos utilizados

Los datos utilizados en este estudio provienen de registros oficiales, con autorización del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), sobre los movimientos de porcinos en el Estado de México durante el periodo 2017-2021. Estos registros incluyeron información detallada sobre el origen y destino de los porcinos movilizados.

La cobertura temporal de 5 años permitió identificar patrones de movilización consistentes, mientras que la cobertura geográfica abarcó todos los municipios del Estado de México, así como aquellos de otras entidades federativas con los que establecieron relaciones comerciales, asegurando una representación completa de la red porcina.

Resultados y discusión

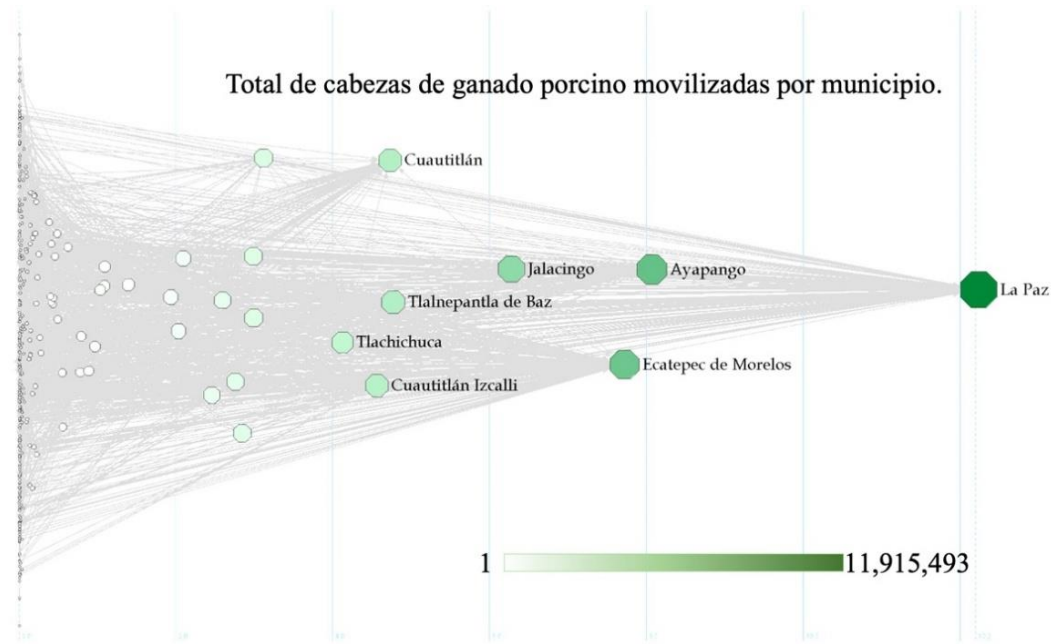
Entre 2017 y 2021, el transporte de cerdos en el Estado de México mostró una estructura de red centralizada, que puede acarrear consecuencias como el aumento de los costos de transporte debido a la distancia⁽²⁸⁾ y un rol significativo en la transmisión de enfermedades⁽²⁹⁾. Los municipios clave fueron La Paz, Ayapango y Cuautitlán Izcalli, los cuales dominan la mayoría de las transacciones comerciales y actúan como nodos logísticos cruciales para los mercados de rastro, engorda, reproducción y ferias. Aunque esta centralización favorece la eficiencia operativa y la especialización, también puede generar vulnerabilidades ante interrupciones del suministro, brotes sanitarios o fluctuaciones del mercado. La concentración económica en determinados municipios puede disminuir la resiliencia de las cadenas de suministro y aumentar las desigualdades económicas entre regiones^(30,31), por lo que se resalta la necesidad de diversificar las redes comerciales, fortalecer la infraestructura de transporte y fomentar políticas integrales que promuevan un desarrollo económico equilibrado, especialmente en los municipios periféricos con menor centralidad. Una modernización sostenible de las infraestructuras, (objetivos de desarrollo sostenible, ODS 9 y 11), podría mejorar la competitividad del sector porcino, favoreciendo la seguridad alimentaria y el crecimiento económico inclusivo y sostenible.

Estructura general de la red

La red de movilización de ganado porcino tiene implicaciones directas sobre la seguridad alimentaria y la nutrición. Un flujo eficiente de ganado hacia mercados clave garantiza un suministro constante de carne, un componente esencial en la dieta de los casi 17 millones de habitantes del Estado de México⁽¹⁵⁾. Se estima que cada persona en México consume alrededor de 18 kg de carne de cerdo al año, lo que se traduce en un consumo total aproximado de 306,000 t anuales en el Estado de México⁽³²⁾. El sistema de movilización de

ganado porcino en la entidad involucró 48.5 millones de cerdos, lo que señala que éste es un sector económico dinámico, con un gran potencial para generar empleo y fomentar el crecimiento económico a nivel local, municipal y estatal. La Figura 1 resume la dinámica de los municipios clave. Los principales municipios de origen fueron Jalacingo, Veracruz (6.28 %); Tlachichuca, Puebla (4.12 %); San Juan de los Lagos, Querétaro (3.11 %); Perote, Veracruz (2.99 %); y Guadalupe Victoria, Puebla (2.98 %), destacando la presencia de granjas industriales en estos territorios. La dinámica comercial con los principales municipios receptores del Estado de México es crítica, ya que estos cerdos provienen de consorcios porcinos con alta concentración de capital. Los principales destinos fueron La Paz (12.24 %), Ayapango (8.07 %), Ecatepec de Morelos (7.72 %), Jalacingo (6.28 %) y Tlalnepantla de Baz (4.77 %) que representaron una concentración estándar de la red⁽³³⁾. Pocos municipios estratégicos resultan relevantes para el cumplimiento del ODS 2 (hambre cero), ya que aseguran un suministro constante de carne de cerdo, esencial para la seguridad alimentaria⁽³⁴⁾. Además, que satisfacen la demanda de productos cárnicos, fomentan la generación de empleo y contribuyen al crecimiento económico local, destacando la relevancia del sector porcino⁽³⁵⁾. No obstante, si bien la centralización y conectividad en la movilización porcina pueden mejorar la disponibilidad de carne, su impacto en la erradicación del hambre es limitado. El ODS 2 no solo busca garantizar la oferta de alimentos, sino también su acceso a poblaciones en situación de pobreza y desnutrición. La carne de cerdo, aunque es una fuente importante de proteína, suele tener un costo elevado en comparación con otros alimentos básicos, lo que restringe su consumo entre los sectores más vulnerables. Además, la concentración de la producción y distribución en pocos municipios estratégicos podría beneficiar principalmente a los grandes productores y distribuidores, sin asegurar precios accesibles para la población en pobreza extrema. Para que la movilización porcina contribuya de manera efectiva al ODS 2, es necesario complementar su producción con estrategias que mejoren el acceso equitativo a los alimentos y promuevan dietas asequibles y nutritivas para las comunidades más necesitadas en los municipios mexiquenses.

Figura 1: Distribución de la movilización de cerdos en el Estado de México: análisis por Municipio



Conectividad y centralización de la red

La red porcina del Estado de México se caracterizó por una baja densidad de relaciones comerciales entre municipios, involucrando cuatro tipos de mercados (rastros, engorda, reproducción y ferias) en 229 municipios de origen y 412 municipios de destino, de un total de 2,477 municipios en la República Mexicana (Figura 2a.). La participación promedio en las relaciones comerciales fue de 0.002 %, y la centralización alcanzó un valor de 0.93 %. En términos de comercio de ganado porcino, los municipios más conectados fueron La Paz, con 68,244 relaciones comerciales, seguido de Ayapango (39,454), Ecatepec de Morelos (38,031), Jalacingo (31,908) y Cuautitlán Izcalli (23,430). Estos municipios concentraron el 37.9 % de la participación comercial (Figura 2a.). La Paz y Ayapango destacaron por su alta conectividad, lo que subraya la necesidad de mejorar la infraestructura de transporte en otros municipios para distribuir las oportunidades comerciales de manera más equitativa. Aunque municipios como La Paz y Ayapango tienen ventajas competitivas debido a su ubicación y nivel de infraestructura, una mejor conectividad para los municipios menos favorecidos permitiría una participación más equitativa en el comercio, impulsando un crecimiento económico más equilibrado a nivel local y regional favoreciendo el cumplimiento de metas del ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y 9 (industria, innovación e infraestructura).

Intermediación y rol de los municipios clave

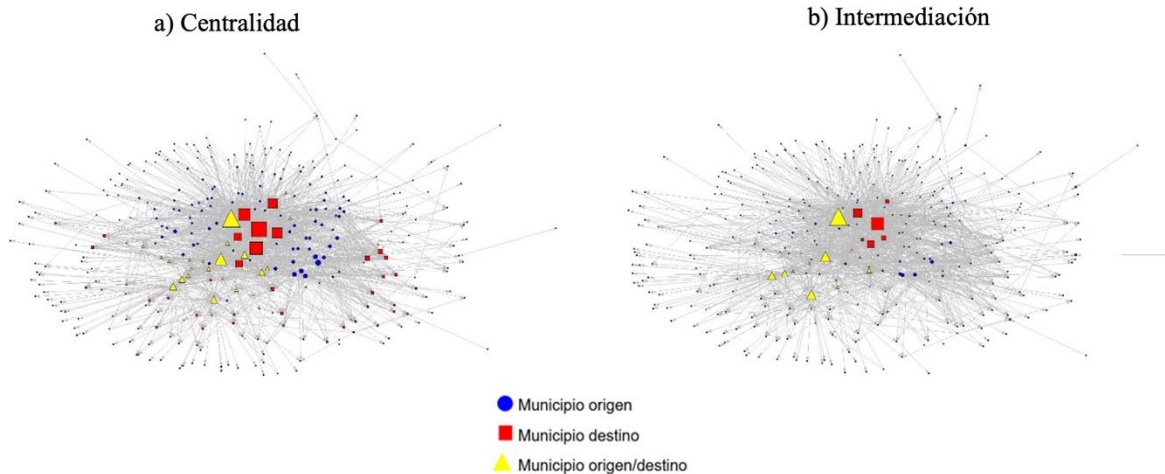
En términos de intermediación, la red mostró un índice de centralización de 10.08 %, reflejando un desequilibrio en la distribución de las relaciones comerciales entre municipios. Cuautitlán Izcalli, con 32,532 relaciones comerciales, fue el municipio con mayor valor de intermediación, actuando como un puente crucial en la red de movilización porcina. Otros municipios importantes en términos de relaciones fueron Acatlán (20,997) y La Paz (20,010), que desempeñaron roles significativos en la conexión entre diversos municipios. Nopaltepec, Celaya (Guanajuato), Jilotepec y Tecámac también presentaron altos valores de intermediación, variando entre 18,367 y 19,223 relaciones comerciales, lo que indicó que eran esenciales para mantener la conectividad en la red, facilitando el flujo comercial de ganado porcino (Figura 2b). El papel de los municipios "hubs" logísticos resalta la importancia de invertir en infraestructura que permita una distribución más equitativa de la actividad comercial, reduciendo la presión sobre los nodos centrales y promoviendo un desarrollo económico más equilibrado.

Dinámica del mercado de rastro

En el mercado de rastro porcino en México, se movilizaron 48.4 millones de cerdos a través de 329 municipios, con una baja centralización de solo 1.58 %. Esto refleja una red descentralizada, en la que los municipios de origen más relevantes fueron Jalacingo (12.6 %), Tlachichuca (8.9 %), San Juan de los Lagos (6.7 %), Perote (6 %) y Guadalupe Victoria (6 %). Por su parte, los destinos más importantes fueron La Paz (24.5 %), Ayapango (16.2 %), Ecatepec de Morelos (15.5 %), Tlalnepantla de Baz (9.6 %) y Cuautitlán Izcalli (9.5 %) (Figura 2a). Esta distribución de actividades comerciales otorga a los municipios mayor autonomía, aunque también genera dificultades en la coordinación y en la implementación de políticas económicas integradas a nivel estatal y nacional. La falta de centralización favorece la fragmentación económica, lo que puede beneficiar a algunos municipios sobre otros, limitando el acceso equitativo a recursos y oportunidades⁽³⁶⁾.

En términos de intermediación, el comercio porcino mostró altos grados de intermediación en Cuautitlán Izcalli (5,353), Jilotepec (4,981) y Tecámac (2,570) (Figura 2b.), lo que sugiere que estos municipios desempeñaron un papel crucial en el sacrificio de cerdos y en la distribución entre diversos municipios⁽³⁷⁾. Esta alta intermediación implica una intensa actividad logística que puede sobrecargar las infraestructuras locales, llevando a que algunos puntos críticos en la red enfrenten problemas de capacidad operativa. Además, la infraestructura de los rastros en municipios del Estado de México ha sido intensamente utilizada, lo que podría derivar en impactos ambientales negativos, como la contaminación del agua y las emisiones de gases de efecto invernadero⁽³⁸⁾.

Figura 2: Grado de centralización (Degree) e intermediación (Betweenness) promedio de la movilización municipal porcina del Estado de México en el mercado de rastro (2017-2021)



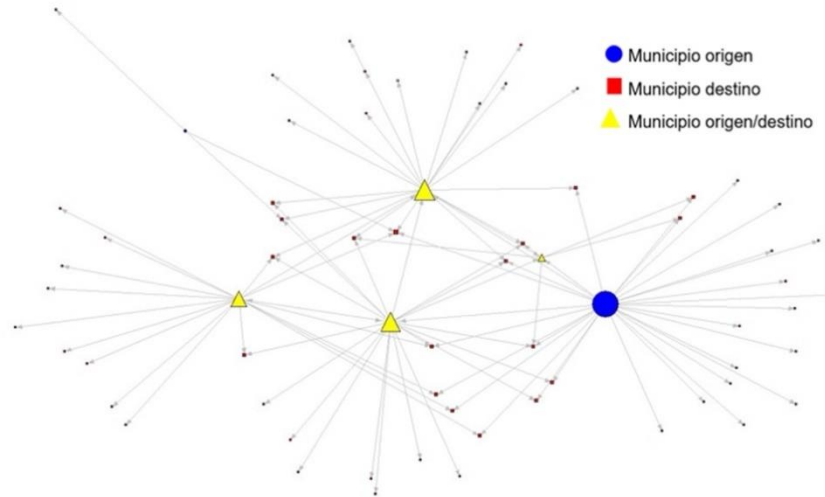
La importancia de mejorar las infraestructuras y modernizar las industrias, busca un manejo más eficaz de los recursos y promueven tecnologías limpias y prácticas industriales respetuosas con el medio ambiente⁽³⁹⁾, a través la modernización de los rastros, priorizando el uso de tecnologías limpias y sostenibles, fomentar una mayor cooperación entre municipios para optimizar la distribución y reducir las disparidades económicas, y fortalecer el cumplimiento de las normativas ambientales y de seguridad⁽⁴⁰⁾. Redes con alta intermediación pueden lograr una mayor eficiencia logística al integrar tecnologías modernas, aunque también contribuyen a la concentración del poder económico en unas pocas empresas, reduciendo la autonomía de los pequeños productores⁽⁴¹⁾. Las redes descentralizadas, coordinadas a través de cooperativas y asociaciones de productores, han logrado equilibrar la autonomía local con la sostenibilidad y el acceso a mercados internacionales⁽⁴²⁾. Los sistemas fragmentados tienden a ser menos resilientes frente a crisis sanitarias y ambientales, como la peste porcina africana, lo que subraya la necesidad de integrar infraestructuras modernas y políticas de gobernanza robustas en redes descentralizadas^(43,44).

Dinámica del mercado de engorda

Se observó una estructura jerárquica con una marcada centralización en unos pocos municipios. Cuautitlán Izcalli y Ecatepec de Morelos se destacaron como los municipios con más relaciones. El promedio del valor de intermediación en todos los municipios fue de 6.7, lo que señala una notable concentración en aquellos municipios con baja centralidad. La mayoría de los municipios operaron como nodos periféricos con poca influencia en la configuración de la red, y solo unos pocos concentraron la mayoría de las transacciones comerciales (Figura 3). Este tipo de manejo de engorda es importante, ya que muchas veces

la pequeña industria no tiene el potencial de criar y engordar animales en un mismo sitio, y se ven forzados a vender sus crías para ser engordadas por otros actores.

Figura 3: Grado de centralización e intermediación municipal de la movilización porcina del Estado de México en el mercado de engorda



La especialización económica localizada en ciertos municipios, como Cuautitlán Izcalli, que lideró la intermediación en la red de comercialización de cerdos en el mercado de engorda. La especialización puede generar ventajas en términos de eficiencia operativa, reduciendo los costos logísticos y mejorando la optimización de los recursos. Sin embargo, esta especialización también puede tener efectos negativos en la resiliencia económica de los municipios más dependientes de una sola actividad^(45,31).

Otro factor clave que influye en la dinámica del mercado de engorda es la ubicación geográfica de municipios como Texcoco, Cuautitlán Izcalli y Ecatepec, que están estratégicamente situados cerca de la Ciudad de México, el mayor mercado consumidor del país. Esta proximidad geográfica reduce los costos de transporte y mejora la eficiencia en la distribución de los productos porcinos, lo que hace más rentables las operaciones comerciales. Además, la cercanía con la capital facilita una red activa de comunicación y comercio entre productores, intermediarios y distribuidores, lo que fomenta una integración más eficiente del mercado y mejora la competitividad de los productores⁽⁴⁶⁾.

Las políticas que apoyan la adaptación del sistema pecuario a los cambios en la demanda pueden ser esenciales para fomentar la sostenibilidad del sector⁽⁴⁷⁾. La modernización de la infraestructura y la implementación de tecnologías recientes son factores clave que pueden ayudar a aumentar la competencia y la eficiencia en el sector, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores⁽⁴⁸⁾.

La concentración de la producción de carne de cerdo en ciertas regiones ha permitido mantener bajos los costos, aunque también ha generado una vulnerabilidad significativa ante

brotos sanitarios⁽⁴⁹⁾. La especialización en la producción de carne de cerdo ha sido una estrategia clave para aumentar la competitividad, aunque las enfermedades pueden poner en riesgo el sistema⁽⁵⁰⁾.

El aumento en la demanda de carnes frescas y de alta calidad, junto con las políticas gubernamentales bajo ciertas circunstancias, podrían estimular a los productores a modificar sus sistemas de producción como respuesta a los cambios en la demanda del mercado⁽⁴⁷⁾.

Dinámica del mercado de reproducción

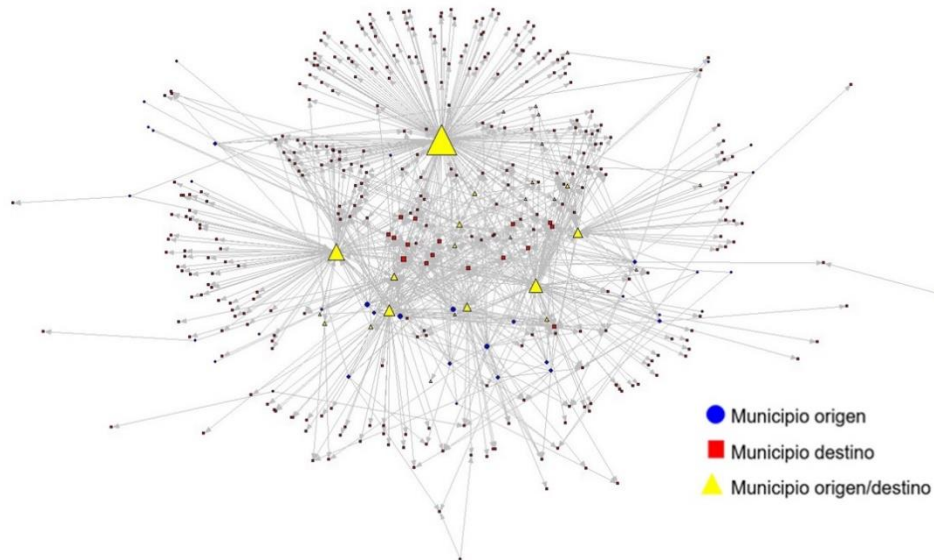
Se observó una disparidad en la estructura que reflejó el papel preponderante de algunos municipios en la movilización de cerdos destinados a la reproducción, lo cual está intrínsecamente relacionado con el sistema social cerdo-reproductores, que fomenta el intercambio de material genético entre los granjeros⁽⁵¹⁾.

Nopaltepec, con 377 relaciones comerciales y una participación del 13.8 %, se posicionó como el nodo más importante de la red, seguido de Zumpango con 156 conexiones (5.7 %), Naucalpan de Juárez con 82 (3 %), Jilotepec con 78 (2.9 %) y Cuautitlán Izcalli con 74 (2.7 %) (Figura 4). Estos municipios cumplen roles estratégicos que facilitan el flujo de germoplasma y se destacan cómo nodos que concentran las relaciones comerciales y maximizan la eficiencia logística⁽⁵²⁾.

Además, la ubicación geográfica de estos municipios desempeña un papel crucial en su participación en la red. Por ejemplo, Nopaltepec y Zumpango, ubicados a 46 y 47 km al norte de la Ciudad de México respectivamente, están bien conectados con el mercado urbano, mientras que Naucalpan (20 km al noroeste) y Cuautitlán Izcalli (32 km al noroeste) ofrecen acceso rápido a servicios logísticos y tecnológicos. Este acceso estratégico no solo podría facilitar la distribución de material genético, sino que también permite a estos municipios atender la creciente demanda de carne de cerdo de manera eficiente, donde la proximidad a mercados urbanos impulsa la competitividad del sector agroalimentario⁽⁵³⁾.

En términos de intermediación, Jilotepec (2,753) y Cuautitlán Izcalli (2,218) se destacaron como los municipios más influyentes (Figura 4). Su rol como puentes dentro de la red asegura la conectividad, mantienen la eficacia y resiliencia del sistema porcino y actúan como estabilizadores clave en sistemas jerárquicos similares^(54,55).

Figura 4: Grado de centralización e intermediación municipal de la movilización porcina del Estado de México en el mercado de reproducción



Se pone de manifiesto la fortaleza de la estructura en la logística regional, sin embargo, la centralización también plantea riesgos, como la dependencia de unos pocos municipios, lo que puede aumentar la vulnerabilidad ante interrupciones por problemas logísticos, sanitarios o climáticos, un desafío recurrente en redes pecuarias centralizadas⁽⁵⁶⁾.

Dinámica del mercado de ferias

El mercado de ferias, solo movilizó 361 cabezas de ganado durante cinco años en 19 municipios. A pesar de este bajo número este tipo de redes suelen ser más flexibles y sostenibles a largo plazo^(57,58).

Abasolo municipio de Guanajuato, fue clave para los mercados urbanos, donde los pequeños productores desempeñan roles esenciales en las cadenas de valor alimentarias^(59,60). Zumpango sobresalió como el nodo más influyente en términos de intermediación (valor de 1), actuó como un punto crucial para la conexión bidireccional entre municipios cumpliendo funciones críticas sin concentrar excesivamente el control de la red⁽⁶¹⁾. La diversificación fomenta una mayor estabilidad económica en los mercados locales y refuerza la importancia de mantener una red inclusiva y descentralizada^(62,63).

El mercado de ferias del Estado de México presenta características ventajosas en términos de resiliencia y flexibilidad. Sin embargo, la descentralización puede limitar el acceso a recursos tecnológicos y financieros especializados⁽⁶⁴⁾.

Red intermunicipal

La red intermunicipal en el Estado de México destaca por su capacidad de movilización y equilibrio estructural, integrando municipios con diferentes niveles de participación. Representa un sistema complejo, integrado por 78 municipios organizados en distintos roles dentro de la comercialización de ganado porcino. Esta red facilitó la movilización de 64,932 cabezas de ganado, distribuidas entre mercados de rastro (39 municipios), engorda (26 municipios) y reproducción (66 municipios). Los principales nodos incluyeron a Cuautitlán Izcalli (31.77 %), Jilotepec (24.27 %) y Zumpango (6.72 %), seguidos por Atizapán de Zaragoza (6.60 %) y Naucalpan de Juárez (5.75 %), quienes contribuyeron significativamente tanto como puntos de origen como de destino. En particular, Jilotepec fue el principal origen de comercialización (33.4 %), mientras que Cuautitlán Izcalli destacó como el destino más relevante (36.6 %), evidenciando un patrón característico de redes ganaderas internacionales donde los nodos más conectados suelen estar vinculados a infraestructuras logísticas robustas y proximidad a mercados urbanos de alto consumo⁽⁶⁵⁾.

La red contabilizó 1,888 conexiones con un rango que va desde 1 a 298, reflejando una alta conectividad en municipios como Naucalpan de Juárez (298), Nopaltepec (235) y Atizapán de Zaragoza (200), quienes lideraron con participaciones del 15.8 %, 12.4 % y 10.6 %, respectivamente. Otros municipios con contribuciones moderadas fueron Xalatlaco, Zumpango y Cuautitlán Izcalli, con entre 190 y 170 conexiones. Sin embargo, también se integraron municipios con menor participación, como San Felipe del Progreso, Apaxco e Ixtapaluca, que registraron solo dos conexiones. La relativa descentralización de la red, evidenciada por un índice de centralización del 2.09 %, promueve alternativas de flujo comercial y fortalece la resiliencia del sistema, lo cual coincide con observaciones previas⁽⁶⁶⁾, quienes señalaron que una conectividad distribuida mitiga riesgos sanitarios y operativos en redes ganaderas.

El análisis de centralidad destacó a Jilotepec como el municipio con mayor grado de intermediación (125 conexiones), seguido de Texcoco (79), Cuautitlán Izcalli (61), Zumpango (41) y Tecámac (19). Este tipo de intermediarios desempeñan un papel clave en la continuidad del flujo comercial, optimizando los costos de transacción y facilitando el acceso a mercados⁽⁶⁷⁾. Adicionalmente, municipios como Naucalpan de Juárez, Nopaltepec y Atizapán de Zaragoza, con alta conectividad, no solo actúan como puntos de movilización, sino también como plataformas de redistribución de ganado hacia otras áreas de la red, lo que refleja patrones esenciales para la sostenibilidad de las cadenas de suministro en zonas con alta densidad poblacional⁽⁶⁸⁾.

Es evidente la necesidad de fortalecer la infraestructura en municipios periféricos, mejorar los sistemas de trazabilidad y fomentar la colaboración intermunicipal, contribuyendo al desarrollo sostenible del sector porcino y mitigando riesgos asociados a las redes ganaderas. Dado que estos registros corresponden únicamente a la movilización documentada por SENASICA, la principal limitación del estudio es que no incluye a las granjas de pequeña escala, un sistema de producción ampliamente presente en el Estado de México y con una dinámica particular⁽⁵¹⁾. Asimismo, este estudio no contempla costos, variables económicas, ni aspectos de bienestar animal o impacto ambiental, a pesar de que esta información es fundamental en el análisis de los sistemas de producción animal.

Conclusiones e implicaciones

La movilización de ganado porcino en el Estado de México estuvo altamente centralizada en un número limitado de municipios que actúan como nodos logísticos esenciales, facilitando el flujo de cerdos hacia mercados clave y asegurando un suministro de carne de cerdo. Sin embargo, la concentración de las relaciones comerciales en pocos municipios podría generar una dependencia económica crítica, lo que representa una vulnerabilidad ante posibles interrupciones en la red de suministro afectando tanto a la seguridad alimentaria como a la estabilidad económica de los territorios. La centralización de la red puede impulsar el empleo y el crecimiento económico en los municipios mejor conectados, pero limita las oportunidades de desarrollo y amplía las desigualdades económicas, especialmente en sectores que dependen de infraestructuras eficientes para el transporte y la comercialización de bienes. La producción y el transporte de ganado porcino no son actividades económicas primarias en todos los municipios periféricos. La dependencia de unos pocos municipios plantea riesgos significativos en caso de crisis económicas o interrupciones en la red de porcinos del Estado de México, exponiendo a la cadena de suministro a cuellos de botella que podrían tener repercusiones severas si alguno de estos nodos clave enfrenta problemas, como desastres naturales o falta de recursos. Por tanto, es imperativo fomentar políticas que promuevan la diversificación económica y la redistribución de la actividad comercial entre más municipios, lo que reduciría la dependencia y aumentaría la resiliencia económica de la red porcina en el Estado de México. La fragmentación observada en la red resalta la necesidad de una mayor coordinación entre municipios y entre los niveles estatal y federal. Una integración más eficiente, basada en una planificación conjunta y una mejor conexión entre estos actores, permitiría optimizar recursos, mejorar la infraestructura y reducir desigualdades regionales. Esto requiere políticas públicas alineadas que fomenten un desarrollo equilibrado, priorizando las regiones más desfavorecidas sin descuidar las ya conectadas.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma del Estado de México por el proyecto 6498/2022 CIB. Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca 66577 concedida a GBVG para sus estudios doctorales. A SENASICA por las bases de datos otorgadas para la realización del estudio.

Literatura citada:

1. FAOSTAT. Crops and livestock products. 2024. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
2. OECD/FAO. Agricultural Outlook 2024-2033. Paris: OECD Publishing; 2024. <https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en>.
3. Babot D, Casaponsa J, Santamarina C, Hernández-Jover M, Gallardo J. Lectura dinámica de cerdos en crecimiento utilizando tecnología electrónica. FAO. 2004. <https://agris.fao.org/search/es/records/64725154e17b74d2224fce1c>.
4. Huerta-Silva HD, Giraldo-Díaz MR, Castillo-González E. Evaluación de los impactos ambientales asociados a la producción intensiva de cerdos en México. 2023. <https://pecuarios.com/biblioteca-digital-issn/publicacion/vol-1/num-1/evaluacion-de-los-impactos-ambientales-asociados-a-la-produccion-intensiva-de-cerdos-en-mexico>.
5. SIAP. Panorama Agroalimentario 2018-2024. México. 2024. https://drive.google.com/file/d/1NXcDhaB63Z94wjRUVF6f_FK0Urv6cgvJ/view.
6. USDA ERS. Sector at a glance. 2024. <https://www.ers.usda.gov/topics/animal-products/hogs-pork/sector-at-a-glance/#Loc1>.
7. Genesis. World Mega Producer. 2024. https://email.envoke.io/web_files/544/2024%20World%20Mega%20Producer.pdf?t=1717334298891.
8. INEGI. Censo Agropecuario 2022. Resultados definitivos. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ca/2022/doc/ca2022_rdnal.pdf.
9. Bobadilla-Soto EE, Rebollar-Rebollar S, Rouco-Yáñez A, Martínez-Castañeda FE. Determinación de costos de producción en granjas productoras de lechón. Rev Mex Agroneg 2013;32:268-79.
10. Tinoco J, Juárez N. El impacto del crédito en la producción ganadera de México, de 2010 a 2019. Rev Mex Agroneg 2024; 54:589-98. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.344560>.

11. Martínez-Castañeda FE, Perea-Peña M. Estrategias locales y de gestión para la porcicultura doméstica en localidades periurbanas del Valle de México. *Agric Soc Desarro.* 2012;9(4):411-25. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722012000400003.
12. Figueroa-Sandoval B, Mora-Flores JS, Fuentes-Palomino DG. Factores que influyen en la inclusión financiera de los poricultores en México. *Rev Mex Agroneg* 2022;56:116.
13. Sosa-Urrutia ME, Martínez-Castañeda FE, Espinosa-García JA, Buendía-Rodríguez G. Contribución del sector pecuario a la economía mexicana. Un análisis desde la Matriz Insumo Producto. *Rev Mex Cienc Pecu* 2017;8(1):31-41. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4308>.
14. CPEUM. Constitución publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917. Texto vigente con última reforma publicada el 15 de septiembre de 2024. Diario Oficial de la Federación. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/966422/Constitucion_Politica_de_los_Estados_Unidos_Mexicanos.pdf.
15. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>.
16. SIAP. Producción pecuaria porcina por entidad federativa y año. 2022. <https://www.gob.mx/siap>.
17. Callejas-Juárez N, Salas-González JM. Estructura de la red de mercado de bovinos en México, 2017-2021. *Rev Mex Cienc Pecu* 2023;14(4):745-59. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i4.6433>.
18. INAFED. Grandes retos en el ámbito municipal para implementar la Agenda 2030. Gobierno de México. 2018. <https://www.gob.mx/inafed/articulos/grandesretos-en-el-ambito-municipal-para-implementar-la-agenda-2030>.
19. Gobierno de México. La Agenda 2030 y el desarrollo municipal sostenible: Guía para la elaboración de planes municipales de desarrollo con el enfoque de la Agenda 2030. 2020. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/590381/Gu_a_Planes_Municipales_Sostenibles_VF.pdf.
20. Ibarra-Salazar J, González H, Sotres-Cervantes L. Aspectos políticos de la dependencia financiera en los municipios mexicanos. *RMCPyS.* 2013;58(217):139-170. [https://doi.org/10.1016/S0185-1918\(13\)72278-5](https://doi.org/10.1016/S0185-1918(13)72278-5).

21. Madrigal-Delgado GJ, Bueno-Cevada LE. Transferencias, gestión fiscal municipal y la desigualdad interregional en México. *Investig Adm* 2019;48(124):1-17.
22. Heredia-Sánchez MG, Martínez-Castañeda FE, Ruiz Torres ME, González-Hernández V, Nuñez-Espinoza JF, Thomé Ortiz H. Social interactions and business portfolio among vegetable producers in central Mexico. *Agro Productividad* 2023. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i4.2394>.
23. Freeman L. A set of measures of centrality based upon betweenness. *Sociometry* 1997;40(1):35-41. <https://doi.org/10.2307/3033543>.
24. Wasserman S, Faust K. *Social network analysis: methods and applications*. 1st ed: Cambridge University Press; 1994. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815478>.
25. Newman M. *Networks: An Introduction*. Oxford: Oxford University Press; 2010. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199206650.003.0002>.
26. Brualdi-Richard A. Clases de matrices combinatorias. In: *Enciclopedia de matemáticas y sus aplicaciones*, vol. 108. Cambridge: Cambridge University Press; 2010. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511721182>.
27. Satyanarayana B, Prasad KS. *Matemáticas discretas y teoría de grafos*. New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd.; 2014.
28. Heinrichs J, Kuhn T, Pahmeyer C, Britz W. Economic effects of plot sizes and farm-plot distances in organic and conventional farming systems: A farm-level analysis for Germany. *Agric Syst* 2021;187:102992. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102992>.
29. Ferdousi T, Moon SA, Self A, Scoglio C. Generation of swine movement network and analysis of efficient mitigation strategies for African swine fever virus. *PLoS One*. 2019;14(12):e0225785. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225785>.
30. Perry BD, Randolph TF, Ashley S, Chimedza R, Forman T, Morrisson J, Poulton C, Sibanda L, Stevens C, Tebele N, Yngström I. The impact and poverty reduction implications of foot and mouth disease control in southern Africa, with special reference to Zimbabwe. Nairobi: International Livestock Research Institute (ILRI); 2003. https://www.researchgate.net/publication/267973759_The_Impact_and_Poverty_Reduction_Implications_of_Foot_and_Mouth_Disease_Control_in_Southern_Africa_with_Special_Reference_to_Zimbabwe.

31. Feldman, MP. Location and innovation: the new economic geography of innovation, spillovers, and agglomeration. In: Clark GL, *et al.* editors. The Oxford Handbook of Economic Geography, Oxford University Press, Oxford. 2000;373-394. https://www.academia.edu/734077/Location_and_innovation_the_new_economic_geography_of_innovation_spillovers_and_agglomeration.
32. SADER. El cerdo, base culinaria en México. 2020. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-cerdo-base-culinaria-en-mexico>.
33. Shi F, Huang B, Shen C, Liu Y, Liu X, Fan Z, Mubarik S, Yu C, Sun X. Characterization and influencing factors of the pig movement network in Hunan Province, China. *Prev Vet Med* 2021;193:105396. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105396>.
34. Herranz A. Sector porcino: sostenibilidad, seguridad alimentaria y bienestar animal. *ANAPORC*. 2019;16(158):44-45. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6793225>.
35. ONU-CEPAL. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. 2018. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7aad5279038718/content>.
36. Puebla MA. Análisis de la desigualdad económica municipal del estado. *Actualidad Económica* 2021;31(105)37-48.
37. Signorini PM, Civit GS, Bonilla PM, Cervantes RME, Calderón VM, Pérez MA, Espejel MMP. Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales. México, D.F. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/154388/Evaluacion_de_riesgos_de_los_rastros_y_mataderos_municipales.pdf.
38. Coordinación de Regulación Sanitaria. Buenas prácticas de manufactura e higiene para rastros y unidades de sacrificio o mataderos municipales y privados. 2024. https://salud.edomex.gob.mx/sem/docs/regulacion_sanitaria/bienesyservicios/007.pdf.
39. ONU. Meta 9.4: Modernización de infraestructuras e industrias sostenibles. Agenda 2030 para América Latina y el Caribe, 2025. <https://agenda2030lac.org/es/ods/9industria-innovacion-e-infraestructura/metas/94>.
40. Pichardo Pagaza I. Responsabilidades municipales en materia ambiental. *Convergencia. Rev Cienc Soc* 2009;16(49):291-308.
41. USDA ERS. Sector at a glance. 2024. <https://www.ers.usda.gov/topics/animal-products/hogs-pork/sector-at-a-glance/#Loc1>.

42. FAO. Ministerio de Medio Ambiente y Alimentación de Dinamarca, Administración Danesa de Veterinaria y Alimentación. Hacer frente al uso de antimicrobianos y la resistencia a los antimicrobianos en la producción porcina: lecciones aprendidas de Dinamarca. Roma; 2019.: <https://www.fao.org/3/ca5567es/ca5567es.pdf>.
43. Asian Development Bank. Asia's infrastructure needs exceed \$17 trillion per year, double previous estimates. 2017. https://www.adb.org/es/news/asia-infrastructure-needs-exceed-17-trillion-year-double-previous-estimates?utm_source_.
44. Viljoen G. Las autoridades de Viet Nam controlan la propagación de la peste porcina 743 africana mediante técnicas nucleares. OIEA; 2020. <https://www.iaea.org/sites/default/files/6122525es.pdf>.
45. Perry BD, Grace D, Sones K. Current drivers and future directions of global livestock disease dynamics. Proc Natl Acad Sci 2011;110(52):20871-20877. <https://doi.org/10.1073/pnas.1012953108>.
46. Porter ME. The competitive advantage of nations. Free Press; 1990. <https://scispace.com/pdf/the-competitive-advantage-of-nations-2puz3hhknn.pdf>.
47. FAO. World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. 2018. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3e7_ba7ed-1eb1-48cf-8792-ae4773e9a79b/content.
48. OECD. Innovation, productivity and sustainability in food and agriculture: Main Findings from Country Reviews and Policy Lessons. OECD Food and Agricultural Reviews, OECD Publishing, Paris; 2019. <https://doi.org/10.1787/c9c4ec1d-en>.
49. Barcellos M, Saab MS, Perez-Cueto F, Perin M, Neves M, Verbeke W. Pork consumption in Brazil: Challenges and opportunities for the Brazilian pork production chain. J Chain Network Sci. 2011;11:99-113. <https://doi:10.3920/JCNS2011.Qpork3>.
50. Piao S, Jin X, Hu S, Lee J-Y. The impact of African swine fever on the efficiency of China's pig farming industry. Sustainability 2024;16(7):7819. <http://doi:10.3390/su16177819>.
51. Santos-Barrios L, Núñez-Espinoza JF, Ruiz-Torres ME, Clava-Hernández T, Martínez García CG, Martínez-Castañeda FE. Strategies and socio-productive relationships in pig backyard production. Agro Productividad 2021;14(12):29-40. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i12.1990>.

52. Villalba F, Afanador Barajas J. Sistemas Logísticos en la comercialización de productos agrícolas basados en la industria 4.0. 2022. <https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/bitstreams/b16b2b99-7f3c-4598-b4d8-772d9e8fc63fb6e/download>.
53. Amat Llombart P. Sistemas alimentarios locales y producción agroalimentaria de proximidad. Su funcionalidad en la protección de tierras agrícolas. *Rev Esp Estud Agrosoc Pesqueros* 2024;263:287-317. <https://doi.org/10.24197/reep.263.2024.287-317>.
54. Borgatti SP, Everett MG. Models of core/periphery structures. *Soc Netw* 2000;21(4):375-395. [https://doi:10.1016/S0378-8733\(99\)00019-2](https://doi:10.1016/S0378-8733(99)00019-2).
55. Uddin KS, Atanasova KR, Krueger WS, Ramirez A, Gray GC. Epidemiology, geographical distribution, and economic consequences of swine zoonoses: a narrative review. *Emerg Microbes Infect* 2013 Dec;2(12):e92. <https://doi.org/10.1038/emi.2013.87>.
56. Beltran-Alcrudo D, Falco JR, Raizman E, *et al.* Transboundary spread of pig diseases: the role of international trade and travel. *BMC Vet Res* 2019;15:64. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1800-5>.
57. Adger WN. Social and ecological resilience: are they related? *Prog Hum Geogr*. 2000;24(3):347-364. <https://doi.org/10.1191/030913200701540465>.
58. Ellis F. Rural livelihoods and diversity in developing countries. Oxford: Oxford University Press; 2023. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198296959.001.0001>.
59. Pingali P. Agricultural growth and economic development: a view through the globalization lens. *Agric Econ* 2007;37:1-12. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2007.00231.x>.
60. Reardon T, Swinnen J, Barrett C, Berdegue J. Agrifood industry transformation and small farmers in developing countries. *World Dev* 2009;37:1717-1727. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.08.023>.
61. Coordinadora Europea Vía Campesina. Ganadería en Europa: apoyar una transición ambiciosa hacia modelos campesinos. Bruselas; 2023. <https://www.eurovia.org/wp-content/uploads/2023/02/ECVC-2023-ESP-Ganaderia.pdf>.
62. Ostrom E. *Governing the Commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press; 1990. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316423936>.

63. Folke C, Carpenter SR, Walker B, Scheffer M, Chapin T, Rockström J. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecol Soc* 2010;15(4):20. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/>.
64. Schejtman, A, Berdegue JA. Desarrollo territorial rural. RIMISP. 2004. https://rimisp.org/wpcontent/files_mf/1363093392schejtman_y_berdegue2004_desarrollo_territorial_rural_5_rimisp_CArduen.pdf.
65. FIDA. Cómo efectuar una evaluación rápida del mercado ganadero: Guía para profesionales. 2019. https://www.ifad.org/documents/48415603/49809039/htdn_livestock_market_s.pdf/02c5e342-dc83-fd1e-a01e-00ea5e82dcef?t=1726643242089.
66. Callejas-Juárez N. Mercado de bovinos para engorda en México: un enfoque de redes. *Rev Agronomía Mesoam*. 2024;35:54741. <https://doi.org/10.15517/am.2024.54741>.
67. Aguilar-Rodríguez HE. Buenas prácticas en la ganadería bovina. Petroglifos. *Rev Crít Transdisciplinar* 2024;7(2):e070201. <https://doi:10.5281/zenodo.14028472>.
68. Gómez MJ. Las cadenas de suministro y el desarrollo sostenible: una revisión de la literatura. *Ruta* 2023;20:1089. <https://doi.org/10.15443/RUTA20231089>.