



La red de ganado movilizado en México para el sacrificio 2017-2021



Nicolás Callejas Juárez ^{a*}

Eduardo Domínguez Arrieta ^b

Nathaniel Alec Rogers Montoya ^c

Eugenio Guzmán Soria ^d

Gabriela Rodríguez Licea ^e

^a Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología. Periférico Francisco R. Almada km 1, Colonia Pavis Borunda, 31453, Chihuahua, México.

^b Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Contaduría y Administración. Chihuahua, México.

^c Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Recursos Genéticos y productividad. Texcoco, Estado de México. México.

^d Tecnológico Nacional de México. Celaya-Campus II, Celaya, México.

^e Universidad Autónoma del Estado de México. Extensión Ameca, Ameca de Juárez, Estado de México. México.

*Autor de correspondencia: ncallejas@uach.mx

Resumen:

El análisis de redes sociales (ARS) ofrece una forma alternativa de estudiar el mercado de ganado destinado al sacrificio, permitiendo realizar mediciones con el fin de analizar tanto el origen como el destino de dichos animales. La investigación aquí descrita se propuso determinar la estructura de red del mercado interno de ganado movilizado para el sacrificio en México entre 2017 y 2021. La estructura de ese mercado se analizó utilizando medidas de localización espacial, especialización económica, de densidad de la red y especialización. Un promedio de 4.7 millones de cabezas de ganado fueron movilizadas cada año en México para

su sacrificio, con 302 permisos de movilización solicitados cada día, cada uno para un promedio de 42.7 cabezas de ganado. La especialización relativa del mercado fue baja, siendo mayor para la demanda, pero no diferente de la oferta ($P>0.05$). El mercado se caracterizó por el comercio intraestatal, la baja densidad de la red, la baja centralidad de los insumos, la baja centralidad de los productos y los altos niveles de especialización del mercado municipal. De ahí que el mercado nacional de ganado para sacrificio tenga baja especialización, alta diversificación y homofilia.

Palabras clave: Especialización regional, Estructura del mercado, Cohesión del mercado, Movilización de ganado.

Recibido: 07/05/2024

Aceptado: 21/10/2024

Introducción

La movilización de ganado es importante en México, donde el mercado global de ganado está compuesto por seis submercados con un promedio anual de 8.9 millones de cabezas de ganado que se movilizan a nivel nacional: 53.5 % para sacrificio, 44.5 % para engorda, 1.1 % para pastoreo, 0.5 % para reproducción, 0.3 % para ferias y 0.2 % para exposiciones⁽¹⁾. De los 3.9 millones de terneros que son la base de la producción de carne en México, el 43.2 % fueron criados en los estados de Chiapas y Veracruz, y un tercio del total nacional se movilizó a los estados de Durango y San Luis Potosí⁽²⁾. Además, en el periodo 2017-2022, México exportó 1.1 millones de terneros y vaquillas a Estados Unidos⁽³⁾, de los cuales el 40 % provenían del estado de Chihuahua⁽⁴⁾.

El ganado se moviliza en México por diversos motivos, siendo el primero para abastecer el mercado de carne, el cual está compuesto por cuatro productos: vacas, toros, novillos y vaquillas⁽⁵⁾. Las razones por las que las vacas ingresan al mercado de la carne se deben principalmente al descarte⁽⁶⁾, la enfermedad⁽⁷⁾ y el bajo rendimiento financiero⁽⁸⁾, siendo una práctica común el sacrificio de vacas preñadas⁽⁹⁾. Los toros entran en el mercado de la carne por razones similares a las de las vacas, pero la probabilidad aumenta con la edad. Hay un 47.0 % de probabilidades de que las vacas de 10 años o más sean sacrificadas, y un 73.3 % de probabilidad para los toros de la misma edad⁽¹⁰⁾. Los novillos y las vaquillas se destinan principalmente al mercado de la carne⁽²⁾.

La disponibilidad de mataderos en México es otra variable asociada a la movilización intraestatal e interestatal de ganado. El país cuenta con 1,175 mataderos para todas las

especies animales, una capacidad instalada mensual para el sacrificio de 1'267,995 cabezas de ganado y una capacidad utilizada del 42.1 %⁽⁵⁾. Además, con excepción de la Ciudad de México, existen mataderos de ganado en 31 de las 32 entidades federativas mexicanas, con una capacidad instalada de 1.7 millones de cabezas al mes⁽³⁾.

El problema de tener información limitada sobre el ganado para sacrificio puede ser resuelto mediante la triangulación de datos⁽¹¹⁾. Los atributos (esto es, el volumen y la estructura de las movilizaciones) y las relaciones origen-destino entre las especies ganaderas determinan la estructura del mercado⁽²⁾. A pesar de que México cuenta con un importante hato ganadero nacional que ascendió, en 2022, a 33.3 millones de cabezas⁽³⁾, el Censo Nacional de Ganadería (CNG) reportó 12.8 millones de cabezas de ganado más que el SIAP en 2021, y, en 2019, la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) reportó 1.5 millones de cabezas menos que la CNG⁽¹²⁾.

El Análisis de Redes Sociales (ARS), una herramienta innovadora para el estudio de las estructuras de mercado, analiza cómo los patrones de vinculación asignan recursos dentro de los sistemas sociales, buscando identificar grupos, características centrales y vínculos indirectos entre los elementos de la red⁽¹³⁾, mientras que las variables estructurales de una red pueden ser estudiadas en cuatro niveles: i. red interna total, ii. individuos como nodos, iii. redes externas, y iv. clústeres dentro de la red⁽¹⁴⁾.

Además de las variables mencionadas, las actividades ganaderas están influenciadas por la disponibilidad de recursos, la ubicación de los mercados, la disponibilidad de mano de obra, el suelo, el clima y las condiciones técnicas, todo lo cual puede descartar ciertos lugares para actividades productivas específicas⁽¹⁵⁾. Asimismo, la calidad y el rendimiento de la carne de res disminuyen de acuerdo con la distancia recorrida antes del sacrificio⁽¹⁶⁾.

Por lo tanto, la investigación aquí descrita se propuso determinar la estructura de la red del mercado interno de ganado movilizado para el sacrificio en México entre 2017 y 2021, postulando que el número de cabezas por movilización y la especialización del mercado determinan la estructura de la red de ganado para el sacrificio del país.

Material y métodos

Materiales

La información analizada fue el número de cabezas de ganado movilizadas cada día desde todos los mercados productivos de México a todos sus municipios consumidores entre 2017 y 2021. Esta información se obtuvo del registro oficial de todos los Puntos de Verificación e

Inspección (PVI) del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

Las unidades de observación fueron los municipios de origen y destino del ganado movilizado, y la unidad de medida fue el número de animales movilizados. Asimismo, a nivel estatal, la unidad de observación fueron todos los estados de origen y destino del ganado movilizado para su sacrificio. Para facilitar el manejo de esta información, se abreviaron los nombres de las 32 entidades federativas de México (esto es, 31 entidades federativas + Ciudad de México) de acuerdo con la norma ISO 3166-2⁽¹⁷⁾.

Los datos municipales se presentaron en la Matriz (A_{ij}), con $i = 1, 2, \dots, 951$ municipios de origen del ganado movilizado y $j = 1, 2, \dots, 853$ municipios de destino del ganado. Los datos municipales se dispusieron en una matriz nacional a nivel estatal (E_{ij}), con $i = 1, 2, \dots, 32$ estados de origen del ganado movilizado y $j = 1, 2, \dots, 32$ estados de destino del ganado movilizado. Los elementos de la diagonal principal, A_{ii} , mostraron el comercio intraestatal (a_{ii}) y los elementos (a_{ij}) mostraron el comercio interestatal. A efectos de análisis, los elementos A_{ij} y E_{ij} se convirtieron en una dicotomía, asignando a las relaciones de mercado el número 1 ($a_{ij} = 1$) y a las que no son de mercado el número ($a_{ij} = 0$).

Métodos

Se llevaron a cabo dos tipos de análisis, el primero consistió en calcular el grado de especialización del mercado de origen y del mercado de destino del ganado movilizado para el sacrificio con base en la teoría de la localización⁽¹⁾. El objetivo era identificar la similitud entre las estructuras de mercado a nivel estatal y nacional. Los mercados de origen fueron las zonas (X_{ij}) y los mercados de destino las regiones, donde i representó el número de cabezas de ganado movilizadas desde el mercado de origen y j el número de cabezas de ganado recibidas en el mercado de destino.

La estructura económica regional de los mercados estatales se analizó utilizando el cociente de localización (Q_{ij}) y el coeficiente de especialización (Q_R)⁽¹⁸⁾. El cociente de localización (Q_{ij}) mide la especialización relativa o interregional; un Q_{ij} mayor que 1 indica un mercado especializado porque su tamaño relativo es mayor que el del mercado nacional, mientras que un Q_{ij} menor que 1 indica un mercado no especializado. El coeficiente de especialización (Q_R) mide la diversificación del mercado, que va de 0 a 1. Un valor de Q_R cercano a 1 indica un mercado diversificado, mientras que un valor más cercano a 0 sugiere que el mercado se asemeja al mercado nacional.

$$Q_{ij} = \frac{V_{ij}}{\frac{\sum_{i=1}^n V_{ij}}{\sum_{j=1}^n V_{ij}}} ; Q_R = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^N \left| \frac{V_{ij}}{\sum_{i=1}^n V_{ij}} - \frac{\sum_{j=1}^n V_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^n V_{ij}} \right|$$

Donde V_{ij} = ganado en el mercado de destino j procedente del mercado de origen i.

El segundo análisis, basado en la teoría del ARS, consistió en examinar la estructura de la red nacional de ganado movilizado para el sacrificio mediante mediciones de centralidad y densidad. Dichos cálculos de densidad⁽¹⁹⁾ y centralidad⁽¹⁹⁾ se realizaron utilizando el software estadístico Ucinet⁽²⁰⁾.

La densidad (D), que mide la estructura social del mercado y evalúa la cohesión entre los mercados de origen del ganado para sacrificio (M_i) y los mercados de destino del ganado para sacrificio, es el coeficiente de los mercados reales (MR) dividido por los mercados posibles (MP). La centralidad (C) evalúa la estructura social individual de los mercados de salida (c_{ij}) y de entrada (c_{ji}); mientras que c_{ij} es el número total de mercados de destino reales (x_j) y c_{ji} se calculó de la misma manera. Cuanto mayor sea el número de mercados reales, mayor será la centralidad, más importante será el mercado dentro de la red nacional.

El análisis estadístico fue descriptivo, utilizando estadísticos de medias y de desviación estándar. La hipótesis se fundamentó utilizando el estadístico t-Student con un nivel de significancia del 95 %. Los precios de la carne corresponden al año 2022⁽³⁾.

Resultados

Debido a su ubicación, sólo el 34.1 % de los 32 mercados de ganado para sacrificio a nivel estatal de México resultaron estar especializados ($Q>1$). En cuanto a la oferta, los cuatro mercados más pequeños tuvieron una especialización del 100 % en todos los mercados de destino a los que movilizaron ganado, y los cuatro mercados más grandes tuvieron solo un 6.0 % de especialización. En cuanto a la demanda, solo dos mercados pequeños tuvieron una especialización del 100 % en todos los mercados que recibieron ganado, y los cinco mercados principales tuvieron solo un 8.0 % de especialización.

Asimismo, la estructura económica regional muestra un mercado diversificado. La especialización media del mercado de ganado para sacrificio fue alta, con una oferta de 80.7 ± 10.9 % y una demanda de 81.1 ± 11.4 %. Sin embargo, la diferencia entre la oferta y la demanda no fue significativa ($P>0.05$). No obstante, la estructura económica se diversificó para el 62.5 % de los mercados de oferta a nivel estatal y el 46.9 % de los mercados de

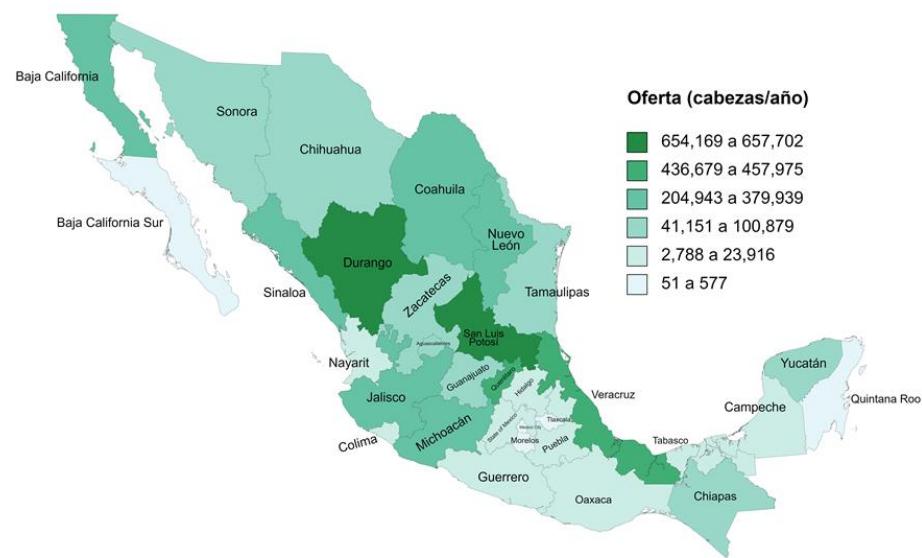
demandas a nivel estatal. Además, los mercados pequeños fueron los más especializados tanto en oferta como en demanda.

Oferta

En el periodo 2017-2021, sólo el 25.0 % de los 2,446 municipios de México y el 95.0 % de sus 32 entidades federativas suministraron ganado para sacrificio. La oferta promedio anual fue de 4.7 ± 0.3 millones de cabezas de ganado, con un crecimiento promedio anual de 3.4 %, equivalente a 35.9 % de la capacidad instalada mensual de todos los mataderos de ganado en México. La demanda promedio anual a nivel municipal fue de $4,763.3 \pm 35,499.4$ cabezas de ganado, y de $149,382.8 \pm 199,516$ cabezas de ganado a nivel estatal. Por otra parte, el mercado de ganado para sacrificio se caracterizó por el comercio intraestatal, con el 71.8 % de todo el ganado movilizado para ese fin siendo enviado a los mataderos locales, mientras que el 52.8 % de la oferta nacional se concentró en seis municipios. De ahí que la oferta nacional de ganado para sacrificio en los mercados municipales fuera extremadamente heterogénea, con un 5.9 % de todos los municipios que representaron el 83.0 % de todo el ganado.

Los municipios de Tamuín, en el estado de San Luis Potosí, y Tlahualilo, en el estado de Durango, suministraron respectivamente el 13.5 % y el 10.6 % de todo el ganado para sacrificio. Otros municipios proveedores importantes fueron Mexicali en el estado de Baja California (7.7 %), Ezequiel Montes en el estado de Querétaro, Vista Hermosa en el estado de Michoacán (7.4 %) y Querétaro en el estado de Querétaro (6.6 %), los tres primeros de los cuales se caracterizaron como proveedores de ganado finalizado.

A partir de la oferta estatal de ganado para sacrificio, es posible dividir los 32 mercados estatales en seis estratos, dos de ellos con altos niveles de concentración. De los mercados, el 25 % abasteció hasta 4,163 cabezas de ganado, el 50 % hasta 251,227 cabezas y sólo un mercado hasta 657,702 cabezas. La mayor concentración de ganado se registró en el mercado de San Luis Potosí (13.7 %) y el mercado de Durango (13.7 %), los cuales se caracterizaron por el comercio intraestatal (97.6 % y 69.3 %, respectivamente) y el ganado finalizado. El mercado de Veracruz constituyó el 9.1 % del mercado nacional, y el de Jalisco el 4.5 %, mientras que su comercio intraestatal representó el 80.1 % y el 8.1 %, respectivamente. En otros mercados importantes como Baja California, el comercio intraestatal constituyó el 100 % del mercado estatal, en Querétaro el 15.4 % y en Nuevo León el 95.3 % (Figura 1).

Figura 1: Oferta estatal promedio anual en México de ganado para sacrificio, 2017-2021

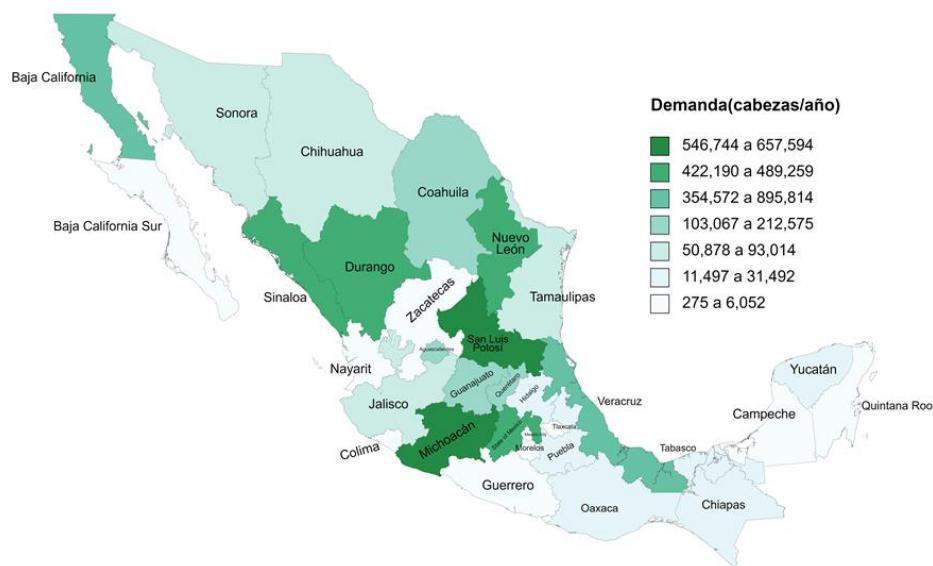
La dinámica de la oferta estatal de ganado para sacrificio se atestigua con la cantidad de permisos de movilización otorgados por el SENASICA. Se otorgó un promedio de 306.4 permisos por día para la movilización de 13,095 cabezas de ganado, es decir, 42.7 cabezas por permiso. El mercado del estado de Querétaro fue el más dinámico, con 39.8 permisos otorgados por día para la movilización de 1,254 cabezas de ganado, es decir, 31.5 animales por permiso. En San Luis Potosí y Durango, los dos mercados más importantes, se emitieron 16.4 y 27.1 permisos por día, respectivamente. Finalmente, el mercado con mayor movilización interestatal a nivel nacional fue Querétaro con el 35.0 % de todo el ganado movilizado para sacrificio, seguido de Durango con el 18.7 % de todo el ganado movilizado para sacrificio y Jalisco con el 17.5 %.

Demand

Sólo el 20.7 % de los 2,446 municipios, y el 100 % de los mercados a nivel estatal, requirieron ganado para sacrificio en México. La demanda fue muy desigual, ya que el 88.4 % de todo el ganado destinado al sacrificio se concentró en apenas el 3.0 % de todos los mercados municipales. Los mercados municipales más importantes fueron Tamuín en el estado de San Luis Potosí y Vista Hermosa en el estado de Michoacán, con concentraciones respectivas de 13.6 % y 10.8 % de todo el ganado destinado al sacrificio. Otros mercados importantes fueron Culiacán en el estado de Sinaloa (9.0 %), Tlahualilo en el estado de Durango (8.4 %) y Mexicali en el estado de Baja California Norte (8.0 %). Para los mercados de Tamuín, Tlahualilo y Mexicali, el 95.0 % de todo el comercio se dio a nivel intraestatal, mientras que la cifra de los otros mercados mencionados fue menor (72.4 %).

Al igual que en los mercados estatales de oferta, fue posible, sobre la base de la demanda estatal de vacas para sacrificio, dividir los 32 estados en siete estratos, dos de los cuales se caracterizaron por altos niveles de concentración. De los 32 mercados a nivel estatal, el 31.8 % representó el 86.3 % de todo el ganado movilizado. Los mercados estatales más importantes se ubicaron en el norte y centro del país: San Luis Potosí (13.8 %), Michoacán (11.4 %) y Durango (10.2 %). La movilización intraestatal constituyó el 90.0 % de todo el movimiento intraestatal de ganado en San Luis Potosí y Durango, y el 65.0 % de todo el movimiento de este tipo en Michoacán (Figura 2).

Figura 2: Demanda estatal promedio anual en México de ganado para sacrificio, 2017-2021



Además de las variables que conformaron la estructura y dinámica de la oferta interestatal de ganado para sacrificio en México, a la demanda se sumó el déficit comercial. Dicho déficit constituyó el 18.5 % de todo el ganado movilizado para sacrificio, de los cuales el 49.6 % se trasladó al Estado de México, el 21.5 % al estado de Michoacán y el 8.2 % al estado de Sinaloa. Estos estados concentraron el 96.8 %, el 34.7 % y el 16.2 % de la demanda nacional, respectivamente. Dado que el 35 % del déficit nacional fue cubierto por el mercado del estado de Querétaro, el 18.7 % por el mercado del estado de Durango y el 17.5 % por el mercado del estado de Jalisco, los mercados estatales de mayor demanda dinámicos fueron Querétaro con 37.4 permisos de movilización de ganado para 41.8 cabezas de ganado por permiso, mientras que el estado de Michoacán emitió 33.1 permisos y 78.0 cabezas de ganado por permiso.

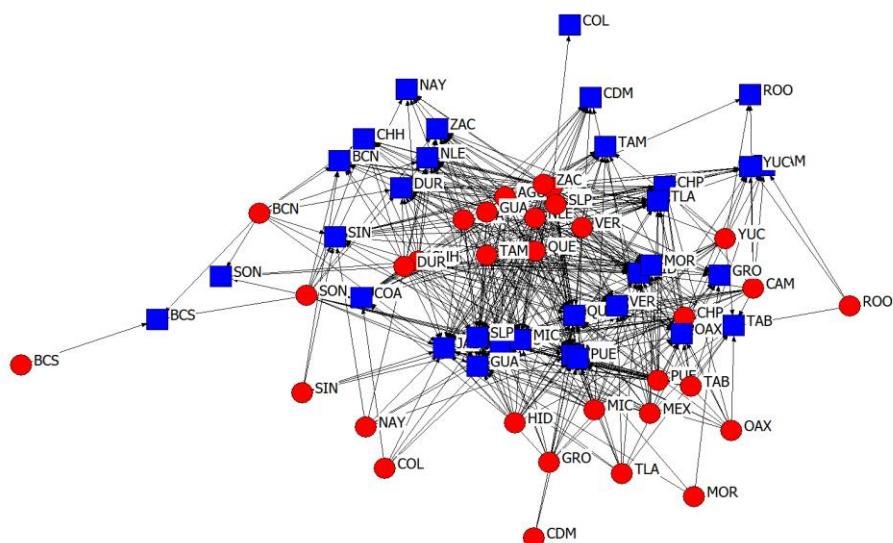
El mercado interestatal movilizó cantidades iguales de ganado macho y hembra, pero la preferencia fue diferente, ya que el 50.9 % de los permisos de movilización fueron

exclusivamente para animales machos, el 25.45 % para animales machos y hembras, y el 23.7 % exclusivamente para animales hembras. Del ganado macho, el 16.3 % provino de Querétaro, el 14.6 % de San Luis Potosí y el 14.2 % de Durango, mientras que el 21.7 % de las hembras provino de Nuevo León, el 12.6 % de Durango y el 10.4 % de Coahuila; el 17.2 % de los animales machos y hembras provenían de Baja California, el 16.6 % de San Luis Potosí y el 13.6 % de Durango. En promedio, se movilizó el 54.1 % de ganado hembra por permiso, el 44.2 % de animales machos por permiso y el 33.9 % de ganado macho y hembra.

Redes

La Figura 3 muestra las conexiones interestatales entre los mercados de origen (círculo rojo) y los mercados de destino (cuadrado azul) relacionados con el ganado para sacrificio. Cuanto mayor es la oferta (origen) y la demanda (destino), mayor es la red resultante con los mercados con mayor grado de centralidad ubicados en el centro de la red, que estuvo completa entre 2017 y 2019, e incompleta entre 2020 y 2021, cuando el mercado de Baja California Sur (BCS) se separó de la red nacional. La comunicación de información con un alto nivel de homofilia fue continua en el 77.4 % de los nodos, y también se puede observar que Sonora (SON) y Baja California Norte (BCN) sirvieron como enlaces entre BCS y el mercado nacional.

Figura 3: Red interestatal de distribución en México de ganado para sacrificio 2017-2021



Aguascalientes (AGU), Baja California Norte (BCN), Baja California Sur (BCS), Campeche (CAM), Chiapas (CHP), Chihuahua (CHH), Ciudad de México (CDM), Coahuila (COA), Colima (COL), Durango (DUR), Estado de México (MEX), Guanajuato (GUA), Guerrero (GRO), Hidalgo (HID), Jalisco (JAL), Michoacán (MIC), Morelos (MOR), Nayarit (NAY), Nuevo León (NLE), Oaxaca (OAX), Puebla (PUE), Querétaro (QUE), Quintana Roo (ROO), Sinaloa (SIN), Sonora (SON), Tabasco (TAB), Tamaulipas (TAM), Tlaxcala (TLA), Veracruz (VER), VI (San Luis Potosí (SLP), Yucatán (YUC), Zacatecas (ZAC)).

Si bien la densidad media anual de la red nacional de ganado para sacrificio fue baja (34.2 %), se observó una disminución de 8.0 % en la densidad, al pasar de 36.9 % en 2017 a 31.0 % en 2021, mostrando una relación directa entre los mercados posibles y los mercados factibles. Asimismo, la baja desviación estándar indica que los orígenes y los destinos mantuvieron sus preferencias de mercado (es decir, homofilia).

La centralidad de grado de entrada y de grado de salida fue baja (32.7 %), lo que confirma la homofilia existente en el mercado de ganado para sacrificio. En cuanto a la oferta, el mercado de Jalisco tuvo la mayor centralidad (78.1 %), abasteciendo de ganado a 77.5 % de los 32 mercados nacionales; Zacatecas con 69.4 % y Querétaro con 61.3 %, se vincularon con el 68.8 % y 60.3 % de los mercados nacionales, respectivamente. Los tres mercados menos centralizados fueron Morelos, Quintana Roo y Baja California, que se vincularon con 7.0 %, 3.1 % y 2.5 %, respectivamente, de los mercados nacionales.

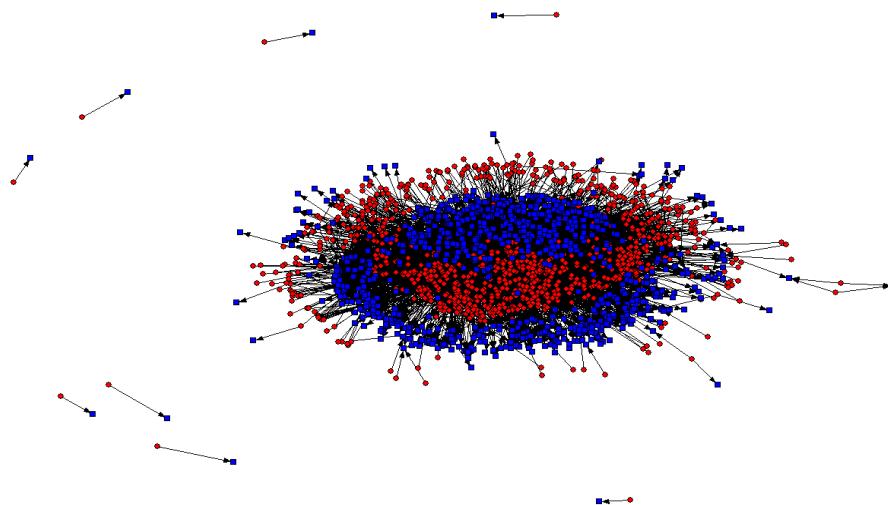
En cuanto a la demanda, la densidad media de salida fue baja, y la densidad media de entrada fue aún menor, pero con menor homofilia ($10.1 \pm 5.8\%$). El mercado del Estado de México fue el más central (74.4 %), requiriendo ganado del 76.3 % de los mercados a nivel estatal, mientras que Aguascalientes y Querétaro requirieron ganado del 63.8 % y 64.4 % de los mercados a nivel estatal, respectivamente. En el otro extremo se ubicaron los mercados de la Ciudad de México (salida) y Colima (entrada), con el menor nivel de influencia (1.3 % y 3.8 %, respectivamente).

Otro indicador de centralidad que mide el prestigio de los mercados dentro de la red es el valor propio o característico. El prestigio del mercado nacional de ganado para sacrificio fue bajo (17.0 %) y estable (6.0 %). Los mercados con mayores niveles de prestigio fueron Jalisco (24.0 %), Zacatecas (23.0 %) y Estado de México (23.0 %), mientras que los de menor influencia fueron Colima (5.0 %), Quintana Roo (3.0 %) y Baja California Sur (1.0 %).

Red de mercados municipales

La red municipal de oferta de ganado para sacrificio estuvo compuesta por 1,013 municipios (41.4 % de todos los municipios de México), mientras que la red de demanda municipal estuvo compuesta por 890 municipios (36.4 % de todos los municipios de México). Se trataba de una red incompleta, con ocho mercados desconectados de la red nacional (Figura 4).

Figura 4: Red municipal relativa a la movilización en México de ganado para sacrificio 2017-2021



Se observó un alto nivel de concentración en la red. Con 10 mercados que abastecieron el 64.7 % de todo el ganado para sacrificio, los más importantes fueron Tamuín en San Luis Potosí (13.5 %), Tlahualilo en Durango (10.6 %) y Mexicali en Baja California (7.7 %); todos caracterizados por un sistema intensivo de producción de carne. Mientras que el 68.4 % de toda la demanda se concentró en 10 municipios, de los cuales los más importantes fueron Tamuín en San Luis Potosí (13.6 %), Vista Hermosa en Michoacán (10.8 %) y Culiacán en Sinaloa (9.0 %).

La densidad de la red nacional de mercados municipales fue muy baja, con sólo 4,694 de los 342,421 mercados siendo efectivos. La densidad de salida promedio (0.98 %) fue menor que la densidad de entrada promedio (1.2 %), pero no diferente ($P<0.05$). Los mercados municipales más prestigiosos fueron el de Ezequiel Montes en Querétaro y el de La Paz en el Estado de México.

La centralidad de grado de salida promedio de los municipios fue baja ($9.6 \pm 15\%$), siendo los mercados municipales de salida más centrales Ezequiel Montes en Querétaro (20.2 %), Tepatitlán de Morelos en Jalisco (14.6 %) y San Juan de Los Lagos en Jalisco (12.8 %). La centralidad de grado de entrada fue mayor que la densidad de salida (11.9 ± 23.2 mercados), siendo el mercado de entrada más central La Paz, en el Estado de México, con 301 mercados efectivos de 1,013 mercados posibles. Otros mercados de destino importantes fueron Ezequiel Montes en Querétaro (23.8 %) y Aguascalientes en Aguascalientes (20.3 %). Por otra parte, tanto la centralidad anual de grado de salida como de grado de entrada se mantuvieron sin cambios, no mostrando diferencias significativas en la centralidad media a lo largo de los años ($P>0.05$).

Discusión

El análisis revela la situación oficial del SENASICA respecto al flujo de ganado para sacrificio en México entre 2017 y 2021. Veracruz y Jalisco son los estados más importantes^(3,21,22). Los resultados muestran que San Luis Potosí y Durango tuvieron el primer y segundo nivel más alto de oferta, respectivamente, mientras que San Luís Potosí y Michoacán tuvieron el primer y segundo nivel más alto de demanda, respectivamente, con Veracruz teniendo el cuarto nivel más alto de oferta y el octavo nivel más alto de demanda. Además, son los mercados municipales los que son significativos, más que los estatales. Se determinó que los municipios de oferta más importantes fueron Tamuín en San Luis Potosí y Tlahualilo en Durango, mientras que los municipios de demanda más importantes fueron Tamuín en San Luis Potosí y Vista Hermosa en Michoacán.

El análisis de la localización del mercado muestra que los mercados que remiten y reciben las menores cantidades de cabezas de ganado son los más especializados, debido a que tienen la menor participación del hato nacional y su comercio interestatal es en ganado finalizado. Asimismo, tienen los precios más bajos para el ganado en pie y envían sus vacas y toros de descarte a los mataderos locales.

En contraste, los niveles más bajos de especialización se encontraron en los estados con las mayores existencias, debido a las proporciones de animales de descarte y mataderos. Los mayores inventarios se registraron en Veracruz (13.5 %) y Jalisco (9.2 %), mientras que el menor inventario se registró en nueve estados, que tuvieron un total de 3.2 % del hato nacional⁽³⁾.

Los hallazgos sobre la especialización del mercado coinciden con los de Callejas y Rebollar⁽⁵⁾, quienes reportan que el 50.5 % del ganado sacrificado en México son novillos y vaquillas sacrificados para carne, mientras que el 34.8 % del total del ganado sacrificado son vacas de descarte y el 13.8 % son toros de descarte. Por otra parte, Callejas⁽²⁾ encontró que el 42.7 % de todo el ganado para carne se envía a los mercados más especializados, es decir, Tamuín en San Luís Potosí (15.2 %), Mexicali en Baja California (10.5 %), Durango (8.9 %) y Ezequiel Montes en Querétaro (8.1 %).

Por otro lado, la alta concentración y el comercio intraestatal están sujetos a variables como el estrés presacrificio⁽²³⁾, el bajo rendimiento y pérdida financiera⁽²⁴⁾, y la reducción de enfermedades⁽²⁵⁾; sin embargo, Hultgren *et al*⁽¹⁶⁾ no encontraron diferencias significativas, en términos de bienestar animal, entre matar ganado en mataderos locales y matarlo en mataderos móviles.

El mayor tamaño del mercado intraestatal se debió a que el destino del ganado movilizado está asociado a la capacidad instalada de los mataderos. Los mataderos mexicanos tienen una capacidad instalada total mensual de sacrificio de 1'267,995 cabezas de ganado y una capacidad utilizada del 52.0 %, a lo que se suma que la eficiencia de la demanda en los diez principales estados productores de ganado para sacrificio fue de 64.4 %⁽³⁾.

Los mataderos ubicados en San Luis Potosí tienen una capacidad instalada anual de sacrificio de 1.2 millones de cabezas de ganado, pero la demanda promedio anual fue de sólo el 52.8 % de esa capacidad, mientras que sólo el 51.9 % de la capacidad instalada se encontró en el estado de Michoacán. Callejas *et al*⁽⁴⁾ encontraron que los mataderos de ganado tienen un nivel de eficiencia promedio de 54.0 % de la capacidad instalada, mientras que los únicos mataderos en Chiapas con 100 % de eficiencia son los privados. Las variables “matadero”, “precio” y “distancia desde el origen hasta el destino” explican por qué hay más comercio intramunicipal que intermunicipal.

Por otra parte, existe una asociación significativa entre el número de conexiones comerciales que ingresan y el precio del ganado en pie⁽²⁶⁾. El examen de una muestra de precios de ganado en pie de vacas, toros, novillos y vaquillas en 20 mataderos municipales, de “tipo inspección federal” y privados durante el período estudiado revela que el precio promedio fue de MXN\$40.75 ± 6.82/kg. El precio más alto (MXN\$54.90/kg) se pagó en San Luis Potosí, y el precio más bajo (MXN\$30.96/kg) en Campeche. Estas diferencias de precios representan costos de oportunidad, siendo San Luis Potosí un mercado pequeño y especializado, mientras que Campeche es un mercado grande con un bajo nivel de especialización.

El costo de oportunidad promedio en el mercado de ganado para sacrificio en México fue de MXN \$14.58 ± 5.66/kg. En Campeche fue de MXN \$23.94/kg, aunque, si a esto se le hubiera sumado el costo de movilización, se habría obtenido una mayor ganancia si el ganado en cuestión se hubiera vendido en San Luis Potosí. La segunda mejor opción fue el Estado de México, que tuvo un costo de oportunidad de MXN \$1.63/kg frente a San Luis Potosí.

La densidad de la red relacionada con el mercado de ganado para sacrificio en México muestra que todos los mercados del país están interconectados, pero con un bajo nivel de densidad que se relaciona directamente con la disponibilidad de mataderos en los principales municipios productivos, lo que convierte a estos últimos en los principales consumidores. Sin embargo, el alto grado de concentración muestra que la estructura del mercado está determinada por la cantidad de ganado movilizado para sacrificio. El bajo grado de densidad también da lugar a y condiciona el alto nivel de homofilia. Solo cinco de los 32 mercados no tuvieron comercio intramunicipal, no siendo casualidad que fueran los más pequeños, por lo que 7.7 de cada 10 movilizaciones de ganado tuvieron el mismo origen y destino.

El bajo nivel de centralidad de la red revela un mercado disperso. Aunque Jalisco tiene más mercados de destino y el Estado de México tiene más mercados de origen, ambos tienen baja participación en los mercados de origen y destino. Los dos mercados mencionados comparten el 68.8 % de todos los mercados, teniendo débiles vínculos con los dos más importantes. Aunque Jalisco muestra una ganancia, principalmente sacrifica ganado de descarte, mientras que el Estado de México tiene un déficit y sacrifica ganado finalizado. De ahí que el mercado de Jalisco ocupe la posición más central de la red, y su fortaleza reside en que cuenta con el mayor número de mataderos del país.

Conclusiones e implicaciones

El análisis de redes sociales nos ofrece una forma alternativa de estudiar el mercado de ganado para sacrificio. La estructura del mercado de ganado para sacrificio en México se caracteriza por un alto nivel de comercio intramunicipal como resultado de una importante oferta municipal de mataderos con baja capacidad utilizada, mientras que el comercio intraestatal se debe principalmente al gran déficit del Estado de México. Por lo tanto, la red nacional de ganado para sacrificio en México es completa y tiene un alto nivel de homofilia, pero con bajos niveles de densidad y centralidad.

Literatura citada:

- 1.- Callejas JN, Salas GJM. Estructura del mercado de bovinos en México. Rev Mex Cienc Pecu 2023;14(4):745-759.
- 2.- Callejas-Juárez N. Cattle fattening market in Mexico: A network approach. Agron Mesoam 2024;35(54741):1-14.
- 3.- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción ganadera. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>. Consultado 13 Abr, 2023.
- 4.- Callejas-Juárez N, Sandoval-Luján GC, Salas-González JM, Domínguez-Arrieta E. Network structure for the mobility of bovines produced in the state of Chihuahua, Mexico, 2010-2019. Agrocien 2023;57(3):1-16.
- 5.- Callejas JN, Rebollar RS. Análisis de la demanda de bovinos carne en pie en los centros de sacrificio de México, 2000-2018. Rev Mex Cienc Pecu 2021;12(3):861-877.
- 6.- Marshall J, Haley DB, Kelton D, Miltenburg C, Roche S, Duffield T. A focus group study exploring dairy farmers' perspectives of cull cow management in Ontario, Canada. Front Vet Sci 2023;10:1189668.

- 7.- Stojkov J, Von Keyserlingk MAG, Duffield T, Fraser D. Fitness for transport of cull dairy cows at livestock markets. *J Dairy Sci* 2020;103(3):2650-2661.
- 8.- Warner D, Dallago GM, Dovoedo OW, Lacroix R, Delgado HA, Cue RI, Vasseur E. Keeping profitable cows in the herd: A lifetime cost-benefit assessment to support culling decisions. *Anim* 2022;16(10):100628.
- 9.- Conceição VGD, Da Bethancourt-Garcia JA, Sartori DBS, Dos Santos I, Da Silva HR, Lucas JD, Restle J, Vaz RZ. Prenhez ao abate em fêmeas bovinas de descarte. *RSD* 2021;10(14):e449101422183.
- 10.- Greer RC, Whitman RW, Woodward RR. Estimation of probability of beef cows being culled and calculation of expected herd life. *J Anim Sci* 1980;51(1):10–19.
- 11.- Vale P, Gibbs H, Vale R, Munger J, Brandão A Jr, Christie M, Florence E. Mapping the cattle industry in Brazil's most dynamic cattle-ranching state: Slaughterhouses in Mato Grosso, 1967-2016. *PLOS ONE* 2019;14(4):e0215286.
- 12.- INEGI. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e informática. Sacrificio de ganado bovino en rastros municipales. Consultado 5 Ago, 2023.
- 13.- Wellman B. El análisis estructural de las redes sociales: del método y la metáfora a la teoría y la sustancia. *Debates Soc* 1997;(22):47-97.
- 14.- Tichy NM, Tushman ML, Fombrun C. Social network analysis for organizations. *AMR* 1979;4(4):507-519.
- 15.- Beckmann MJ, Thisse JF. The location of production activities. In: Nijkamp P editor. *Handbook of Regional and Urban Economics. Regional economics Volume 1 Chapter 2.* North Holland. Elsevier, 1987:21-95.
- 16.- Hultgren J, Arvidsson SK, Berg C, Karlsson AH, Algers B. Animal handling and stress-related behaviour at mobile slaughter of cattle. *Preventive Vet Med* 2020;177(104959):104959.
- 17.- ISO. International Organization for Standardization. Codes for the representation of names of countries and their subdivisions. (Standar ISO 3166). 2022. Accessed Jul 21, 2023.
- 18.- Lira L, Quiroga B. Técnicas de análisis regional (Series manuales 59). ILPES. Planificación Económica y Social. 2009.
- 19.- Borgatti SP, Everett MG, Johnson JC. *Analyzing social networks.* 2nd ed. USA: SAGE Publications; 2018.

- 20.- Borgatti SP, Everett MG, Freeman LC. Ucinet for Windows: Software for social network analysis (Version 6.102). Harvard. 2002.
- 21.- Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE). Consejo Mexicano de la Carne. Recuperado el 27 de septiembre de 2023.
- 22.- PGN. Padrón Ganadero Nacional. Estadística estatal. Consultado Ago 15, 2023.
- 23.- Gallo C, Tadich N. Transporte terrestre de bovinos: efectos sobre el bienestar animal y la calidad de la carne. Agrocien 2005;21(2):37-49.
- 24.- Hoffman LC, Lühl J. Causes of cattle bruising during handling and transport in Namibia. Meat Sci 2012; 92(2):115-124.
- 25.- Sellman S, Beck-Johnson LM, Hallman C, Miller RS, Bonner KAO, Portacci K, Webb CT, Lindström T. Modeling U.S. cattle movements until the cows come home: Who ships to whom and how many? Computer Electron Agric 2022;203:107483.
- 26.- Motta P, Handel IG, Rydevik G, Hamman SM, Ngwa VN, Tanya VN, Morgan KL, Bronsvoort BMdeC, Porphyre T. Drivers of live cattle price in the livestock trading system of central Cameroon. Front Vet Sci 2018;4:244.