



## Mercado de bovinos para engorda en México: un enfoque de redes\*

### Cattle fattening market in Mexico: A network approach

Nicolás Callejas-Juárez<sup>1</sup>

\* Recepción: 28 de abril, 2023. Aceptación: 17 de julio, 2023. Este trabajo fue resultado de un proyecto de investigación nacional sobre la movilización de ganado bovino en México y dentro de la línea de investigación “economía de la producción y cadena de valor”. Fue realizado con recursos propios.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología. Periférico Francisco R. Almada Km 1. Chihuahua, México, CP 31000. [ncallejas@uach.mx](mailto:ncallejas@uach.mx) (<https://orcid.org/0000-0003-0170-1880>).

#### Resumen

**Introducción.** La red de movilización de ganado bovino para engorda en México es compleja. El motivo, volumen, origen y destino de los animales movilizados, determinan la estructura económica y red de mercado. **Objetivo.** Analizar la estructura de mercado de la red nacional de bovinos para engorda en México de 2017 a 2021. **Materiales y métodos.** El estudio consideró todas las cabezas de ganado movilizado para engorda en 956 municipios de origen (oferta) y 1173 municipios de destino (demanda) dentro de México del año 2017 a 2021. La estructura del mercado se analizó con medidas económicas, de densidad y centralidad del Análisis de Redes Sociales (ARS). **Resultados.** La red de movilización de bovinos para engorda se conformó con 31 orígenes y 32 destinos, un promedio anual de 3,9 millones de cabezas de ganado bovino movilizadas y 73,6 cabezas de ganado por movilización. Los Estados más importantes en la movilización de ganado, en origen y destino, fueron Chiapas y Durango. En todos los orígenes y destinos del ganado se encontró una alta concentración de novillo para engorda, porque tuvieron medidas de centralidad y densidad bajas de toda la red. Tanto en origen como en destino Veracruz y Durango fueron los más influyentes. **Conclusiones.** La red de mercado de bovinos para engorda en México tiene una estructura con alta densidad y baja centralidad. El grado de especialización, tanto de orígenes y destinos, es bajo. La oferta se concentra en el sureste y la demanda en el norte y centro del país. Esta información permite establecer tres redes: prevención sanitaria, trazabilidad del ganado e información de mercados.

**Palabras claves:** teoría de los gráficos, estructura económica, estructura social, movimiento de ganado.

#### Abstract

**Introduction.** The network of cattle mobilization for fattening in Mexico is complex. The purpose, volume, origin, and destination of the mobilized animals determine the economic structure and market network. **Objective.** To analyze the market structure of the national network of cattle for fattening in Mexico from 2017 to 2021. **Materials and methods.** The study considered all heads of cattle mobilized for fattening in 956 municipalities (supply) and 1173 destination municipalities (demand) within Mexico from 2017 to 2021. The market structure was analyzed using economic, density, and centrality measures from Social Network Analysis (SNA). **Results.** The network of cattle



mobilization for fattening was composed of 31 sources and 32 destinations, with an average annual mobilization of 3.9 million heads of cattle and 73.6 heads of cattle per mobilization. The most important states in cattle mobilization, both in origin and destination, were Chiapas and Durango. In all cattle sources and destinations, there was a high concentration of fattening steers, as they had low centrality and density measures throughout the network. Veracruz and Durango were the most influential both in origin and destination. **Conclusions.** The cattle fattening market network in Mexico has a structure with high density and low centrality. The degree of specialization, both in sources and destinations, is low. Supply is concentrated in the southeast, while demand is concentrated in the north and center of the country. This information allows the establishment of three networks: sanitary prevention, cattle traceability, and market information.

**Keywords:** graph theory, economic structure, social structure, cattle movement.

## Introducción

Los atributos y las relaciones de intercambio determinan la estructura de una red de mercado. Dos atributos son el número de cabezas de ganado y el motivo de la movilización de bovinos en México, las relaciones son el origen y destino del ganado movilizado. Por ello, la estructura del mercado está en función del número de empresas que participan en él, la concentración del mercado, la tecnología, la naturaleza de los productos y la presencia de asimetría de información entre empresas y clientes (García et al., 2022).

La estructura de mercado puede estudiarse con el análisis de redes sociales (ARS). El ARS se refiere a la forma en que los patrones de vinculación asignan los recursos en un sistema social y lo que se busca es identificar grupos, elementos centrales y vínculos indirectos (Corman, 1989). Este análisis se ha utilizado como herramienta para explorar la sanidad humana (Martínez-López et al., 2009). En la producción animal se ha utilizado para disminuir el riesgo de transmisión de enfermedades (Buhnerkempe et al., 2013; Cabezas et al., 2021; Gorsich et al., 2016; Gorsich et al., 2019; Nöremark et al., 2011; Ribbens et al., 2009; Robinson & Christley, 2007).

El ARS se realiza sobre medidas de densidad y centralidad. La densidad es una medida relativa que compara la proporción de relaciones existentes con el número de relaciones posibles, mientras que la centralidad es una medida absoluta que cuantifica el número de relaciones existentes entre dos elementos de la red (Freeman et al., 1991). La centralidad del valor característico es una medida de la influencia de un nodo en una red. Considera, además de la densidad y la centralidad, la importancia de los elementos de la red (Bihari & Pandia, 2015). Otra medida que explica la estructura de la red es la homofilia (H), significa la asociación de los elementos de una red con características semejantes.

En México, las investigaciones utilizan con frecuencia el análisis econométrico para analizar el mercado de la carne en México (Callejas Juárez & Rebollar Rebollar, 2021; Figueroa-Reyes et al., 2019; Martínez-López et al., 2009; Salinas Labra et al., 2020). Una forma distinta de analizar el mercado de bovinos en México es con el ARS, donde las medidas de densidad y centralidad determinan la importancia de un elemento de la red (Callejas-Juárez et al., 2023).

En el ámbito mundial, la producción de carne de bovino fue de 72,5 millones de toneladas y en la última década creció 0,86 % anual (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022). Las exportaciones mundiales de bovinos en pie fueron de 8900 millones de dólares (40,2 % del mercado mundial de animales vivos), de los cuales Francia aportó 17,5 %, Australia 12,6 % y Canadá 11,1 %. Los exportadores más importantes fueron Francia con 18,1 %, Australia 11,7 % y México 10,5 %, mientras que los importadores fueron Italia 20,7 %, China 7,1 % y Vietnam 6,0 %; las importaciones de México representaron 0,4 % del comercio mundial (Harvard Growth Lab, n.d.).

En el ámbito local, el inventario de bovinos en México fue de 35,6 millones de cabezas, sacrificó 8,4 millones de ellas, con un volumen producido de 3,7 millones de toneladas de carne en pie y un valor de la producción superior a 7135,05 millones de dólares. Los estados de Veracruz y Jalisco fueron los más importantes en la producción, concentraron 29,3 % y 12,3 % del inventario nacional, 13,1 % y 11,6 % del volumen de carne en pie y 12,3 % y 12,2 % del valor de la producción (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2013).

El 40,9 % de las cabezas de ganado bovino sacrificadas en los rastros de México correspondieron a novillos, 34,7 % vacas, 13,8 % toros y 10,6 % novillas; pero los dos estados más importantes en la producción de carne de bovino (Veracruz y Jalisco) no se caracterizan por producir carne de novillo, pero sí de vacas y toros de desecho (Callejas Juárez & Rebollar Rebollar, 2021). Los sistemas de producción de carne de res son cada vez más dinámicos en el uso de insumos para la producción (Drouillard, 2018).

La hipótesis fue que la disponibilidad de recursos (humanos, monetarios y naturales), el volumen movilizado de cabezas de ganado y los precios de mercado condicionan el flujo de bovinos con motivo de engorda en México. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue analizar la estructura de mercado de la red nacional de bovinos para engorda en México de 2017 a 2021.

## Materiales y métodos

La investigación comprendió los 32 estados y 2446 municipios de México. La variable analizada fue el número de cabezas de ganado bovino movilizadas con motivo de engorda, desde los municipios de origen ( $S_{ik}$  = oferta) hasta los municipios de destino ( $S_{jk}$  = demanda), para el periodo 2017-2021, en México. Los datos correspondieron a las mediciones realizadas por el Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Alimentaria (SENASICA) en todas las estaciones cuarentenarias del país.

Se analizaron 956 orígenes (municipios), 1173 destinos (municipios) y 19 895 678 cabezas de ganado movilizadas durante el periodo de análisis. Para una mejor comprensión de los datos, los resultados se analizaron a nivel estatal, en este caso fueron 31 orígenes y 32 destinos.

El nombre de los estados de México se sustituyó por su abreviatura de acuerdo con la norma ISO 3166-2 (International Organization for Standardization, 2022) de la siguiente forma: Aguascalientes (AGUA), 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), San Luís Potosí (SLP), Sinaloa (SIN), Sonora (SON), Tabasco (TAB), Tamaulipas (TAM), Tlaxcala (TLA), Veracruz (VER), Yucatán (YUC), Zacatecas (ZAC).

Los datos se ordenaron en una matriz ( $A_{ij}$ ), las filas ( $a_i$ ) correspondieron a los orígenes del ganado u oferta (nodos) y las columnas ( $a_j$ ) a los destinos o demanda (nodos). Cada elemento de  $A_{ij}$  correspondió a la relación entre un origen y un destino, medido en número de cabezas de ganado movilizadas o comercializadas con motivo de engorda de  $a_i$  hacia  $a_j$ . El elemento  $a_{ij}$  es un vínculo entre dos nodos de la red y significa la cantidad de cabezas de ganado bovino movilizadas de  $a_i$  hacia  $a_j$ . Los elementos de la diagonal principal ( $a_{ii}$ ) se utilizaron en los análisis porque representan la cantidad de cabezas de ganado movilizadas dentro de cada estado.

Para la propuesta de la estructura económica regional de bovinos movilizadas con motivo de engorda en México, se realizó un análisis con base en las teorías de crecimiento económico regional (Capello & Nijkamp, 2019). Los sectores fueron los orígenes u oferta ( $S_i$ ), las regiones los destinos o demanda ( $R_j$ ) y la variable de análisis el ganado movilizado ( $X_{ij}$ ). El análisis consistió en estimar tres coeficientes: las matrices de porcentajes,

cocientes de localización y coeficiente de especialización. La estimación de los coeficientes se realizó con el software Tarea-Elite (Lira & Quiroga, 2009).

Los coeficientes de la estructura económica estimados fueron: el coeficiente de especialización absoluta o intrarregional (ecuación 1), el coeficiente de distribución interregional del sector y concentración absoluta (ecuación 2), el cociente de especialización relativa o interregional (ecuación 3) y el coeficiente de especialización regional (ecuación 4). Una región tendrá una especialización relativa cuando  $Q_{ij} > 1$ . El coeficiente de especialización estima la similitud de la estructura regional con la estructura de todo el país y toma valores  $0 \leq Q^R \leq 1$ ; a mayor valor, mayor especialización.

$$P_{ij} = \frac{V_{ij}}{\sum_i V_{ij}} \quad \text{ecuación 1}$$

$$P_{ji} = \frac{V_{ij}}{\sum_j V_{ij}} \quad \text{ecuación 2}$$

$$Q_{ij} = \frac{\left( \frac{V_{ij}}{\sum_i V_{ij}} \right)}{\left( \frac{\sum_j V_{ij}}{\sum_i \sum_j V_{ij}} \right)} \quad \text{ecuación 3}$$

$$Q^R = 0,5 * \sum_i \left| \left( \frac{V_{ij}}{\sum_i V_{ij}} \right) - \left( \frac{\sum_j V_{ij}}{\sum_i \sum_j V_{ij}} \right) \right| \quad \text{ecuación 4}$$

Donde,  $V_{ij}$  representa el número de cabezas de ganado movilizado del municipio productor al municipio consumidor,  $P_{ij}$  el coeficiente de especialización absoluta para la oferta,  $P_{ji}$  el coeficiente de especialización absoluta para la demanda,  $Q_{ij}$  el coeficiente de especialización relativa y  $Q^R$  el coeficiente de especialización regional.

La estructura de la red de movilización de bovinos para producir carne se analizó con la teoría de análisis de redes sociales (ARS) (Bavelas, 1948; Freeman, 1978). La estructura de la red nacional se analizó para todas las cabezas de ganado bovino movilizadas ( $N_{ij}$ ), por estado ( $E_{ij}$ ) y municipio ( $M_{ij}$ ); mientras que la estructura individual, se analizó sobre cada elemento de la red ( $a_{ij}$ ) y los atributos objeto de la medición fueron las cabezas de ganado movilizadas con motivo de engorda. Acorde con la metodología de ARS, los elementos de  $A_{ij}$  fueron transformados a variables dicotómicas y se asignó un 1 al nodo con flujo de ganado y 0 en caso contrario.

El análisis de la estructura de la red y sus elementos se basó en medidas de densidad y centralidad (Bonacich, 1987). El grado de centralidad de la red ( $C_{ij}$ ) se obtuvo al sumar el número de vínculos entre dos nodos o relaciones existentes, el indicador toma valores de 0 a 992, donde 0 indica ausencia de red y 992 una red completamente conectada.

Se estimó la centralidad para cada elemento de la red. La centralidad de salida (CS) o de la oferta ( $0 \leq CS \leq 32$ ) se obtuvo de sumar las relaciones existentes por fila y la centralidad de entrada (CD) o de demanda ( $0 \leq CD \leq 31$ ) de sumar las relaciones por columna. Una  $CS = 32$  indica que un origen movilizó ganado bovino, con motivo de engorda, con todos los destinos y en forma análoga con los destinos. Esta medida indica la importancia absoluta y relativa de un origen o destino en la red, a mayor CS o CD mayor será la importancia y viceversa.

A su vez, la densidad de la red ( $D_{ij}$ ) se obtuvo como el cociente del número de relaciones existentes entre los elementos de la red (ecuación 5) y el número de relaciones de intercambio posibles (ecuación 6).

$$RE = \sum_{ij=1}^{ij=n} A_{ij} > 0 \quad \text{ecuación 5}$$

$$RT_{ij} = \sum_{ij=1}^{ij=n} A_{ij} \quad \text{ecuación 6}$$

Donde,  $A_{ij}$  representa la cantidad de cabezas de ganado movilizados de un origen a un destino, RE es el número de relaciones existentes y RT el número de relaciones posibles.

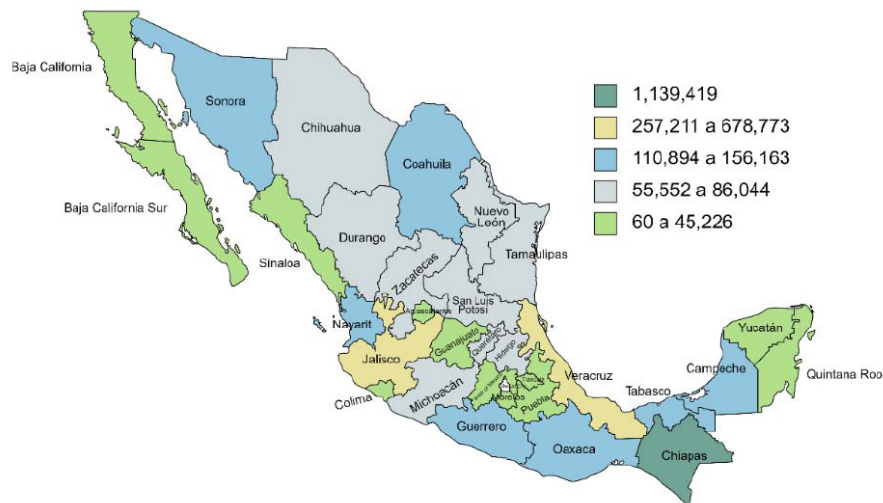
La D toma valores  $0 \leq D \leq 1$  o en porcentaje  $0 \leq D \leq 100$ . Una  $D = 0$  indica densidad nula o ausencia de intercambio entre los elementos de la red y  $D = 100$  indica una red completa. La densidad para cada elemento de la red se obtuvo para identificar el o los elemento(s) más importantes. La densidad de salida ( $DS_i$ ) o de oferta se obtuvo de dividir el número de relaciones existentes de cada nodo de salida ( $RE_i$ ) entre el número de relaciones posibles del nodo ( $RT_i$ ), mientras que la densidad de entrada ( $DD_j$ ) se obtuvo de dividir  $RE_j$  entre  $RT_j$ .

El grado de asociación de la red se midió con el índice de homofilia (Verd et al., 2014), que se obtuvo como el cociente de la diferencia del número de cabezas de ganado movilizadas dentro de cada origen (VD) con respecto al número de cabezas movilizadas fuera de este (VF), entre la suma de ambos. La homofilia toma valores  $-1 < H < 1$ , cuando  $H = -1$  se llama homofilia y los orígenes tienen preferencia por los mismos destinos, cuando  $H = 1$  heterofilia y  $H = 0$  ausencia. De forma análoga se obtuvo la homofilia para los destinos.

Los valores característicos se obtuvieron acorde con la propuesta de Bonacich (1987). Las estimaciones de ARS y el análisis gráfico, se realizaron con el software Ucinet 6 (Borgatti et al., 2002). El análisis estadístico fue de tipo descriptivo e inferencial y los estadísticos se estimaron con Excel 16. Las medidas estadísticas estimadas fueron de centralización (promedio) y para la prueba de hipótesis el p-valor.

## Resultados

La estructura económica regional de bovinos movilizados para engorda en México muestra como está organizada la producción por origen (oferta) y destino (demanda). En el periodo de análisis (2017-2021) fueron movilizadas en el mercado de México un promedio anual de 3,9 millones de cabezas de ganado bovino con motivo de engorda, lo que requirió 54 059 permisos de traslado y 73,6 cabezas de ganado por movilización. La distribución y concentración de bovinos para engorda en México es desigual, 20,0 % de los orígenes tuvieron 51,0 % de las cabezas de ganado movilizadas, pero 80,0 % de las cabezas de ganado movilizadas provinieron del 34,0 % de los estados (Figura 1).



**Figura 1.** Regionalización de la oferta de bovinos para engorda en México. 2017-2021.

**Figure 1.** Regionalization of cattle supply for fattening in Mexico. 2017-2021.

El sexo de los animales es la primera variable que explica la estructura de bovinos para engorda. El 69,0 % de los bovinos movilizados fueron machos y 31,0 % hembras. El crecimiento se debió al 12,7 % de aumento en la movilización de hembras y solo 1,0 % de machos, pero, el mercado prefirió bovino macho ( $p < 0,05$ ). Además, 49,6 % de las cabezas de ganado movilizadas correspondieron a bovino macho, 32,6 % a bovino hembra y 17,8 % ambos sexos. El número de cabezas de ganado movilizadas creció 15,8 % en bovinos de ambos sexos, 3,6 % en bovinos macho y 7,7 % en bovinos hembra. El crecimiento de la oferta de ganado por sexo fue significativo ( $p < 0,05$ ).

El lugar de origen del ganado es la segunda variable de la estructura. Los estados de Chiapas y Veracruz sobresalieron en la oferta de bovinos por sexo. En bovinos macho Chiapas con 42,3 % y Veracruz con 13,2 %, los principales destinos fueron Querétaro con 18,8 % y Durango 17,1 %; en bovinos hembra Veracruz con 16,9 % y Chiapas con 16,0 %, los destinos Nuevo León con 30,6 % y Baja California con 19,2 %; en ambos sexos, Veracruz con 15,2 % y Chiapas con 14,8 %, los destinos San Luis Potosí con 22,0 % y Durango con 13,4 %.

La variable sexo y lugar de origen del ganado permitió estimar la especialización de productores y consumidores. La especialización relativa o interregional promedio de los orígenes fue de 41,9 % ( $> 1$ ) en los tres productos, pero hay una mayor especialización en macho-hembra (67,7 %) que en hembra (35,5 %) y macho (22,6 %). En los destinos la especialización promedio fue menor (41,7 %), pero en macho y hembra fueron mayores a la de los orígenes (50,0 % y 37,5 %, respectivamente), y menor que en macho-hembra (37,5 %).

### **Oferta de bovinos para engorda**

La siguiente variable que explica la estructura de bovinos para engorda en México es el mercado de origen y número de cabezas de ganado movilizadas. El 100 % de los estados ofertó ganado bovino para engorda con una proporción desigual.

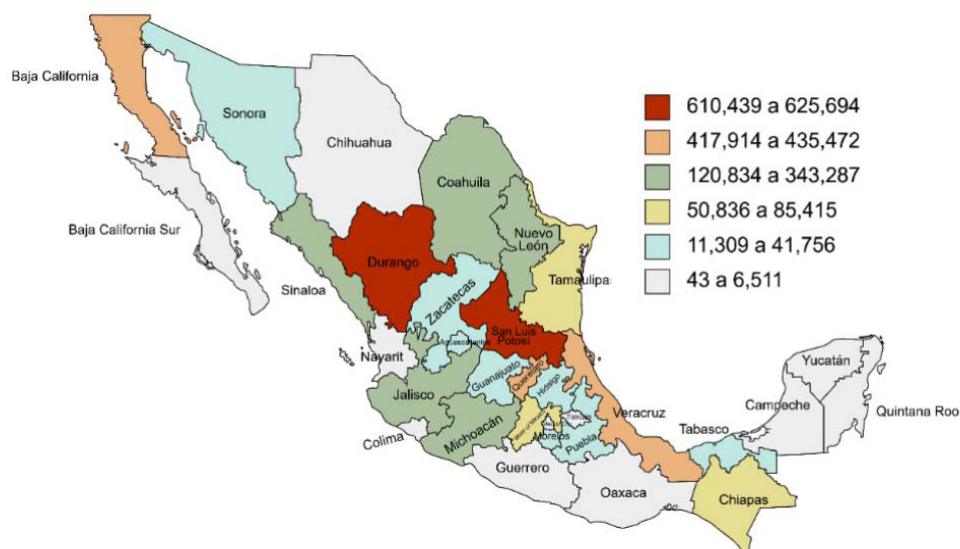
El origen más importante del ganado para engorda fueron los estados de Chiapas (28,6 %) y Veracruz (14,5 %). El ganado de Chiapas tuvo como destino los estados de San Luis Potosí (26,1 %) y Querétaro (17,5 %), el de Veracruz al mismo Veracruz (26,6 %) y Nuevo León (16,9 %). Un caso especial es el estado de Jalisco, que se caracteriza por ser el segundo productor nacional de carne, pero solo aportó 6,5 % de las cabezas de ganado para engorda y tuvieron como destino a Sinaloa (29,3 %) y Baja California (26,8 %). Con esta información se construyó la regionalización estatal de bovinos para engorda en México (Figura 1).

También pudo constatar que, en el periodo 2017 a 2021, la oferta de ganado bovino para engorda fue dinámica para engordar solo macho, solo hembra o ambos sexos. En 64,5 % de los estados creció el volumen ofertado, pero en los dos años de la pandemia por Covid-19, 2020 y 2021, en 50 % de los estados de origen del ganado disminuyó su oferta, equivalió a 8,8 % del ganado movilizado en 2020; la oferta no fue afectada.

### **Demanda de bovinos para engorda**

El destino del ganado movilizado para engorda fue la tercera variable que explicó la estructura de este mercado en México. Todos los estados demandaron ganado para engorda, pero de forma heterogénea y se concentró en el norte del país.

Los estados con la mayor demanda de bovinos para engorda fueron Durango (15,7 %) y San Luis Potosí (15,3 %). Durango demandó ganado de los estados de Chiapas (25,1 %), Veracruz (14,2 %) y Querétaro (11,4 %), para San Luis Potosí fueron Chiapas (48,7 %) y Tabasco (20,5 %). Los otros dos estados importantes en la demanda de ganado fueron Querétaro (10,5 %) y Baja California (10,5 %), el primero lo abasteció Chiapas (47,7 %) y Veracruz (16,0 %), y el segundo Sonora (20,2 %) y Jalisco (16,5 %). En el caso de Veracruz, tiene abasto intraestatal (35,4 %) y de Chiapas (34,9 %) (Figura 2).



**Figura 2.** Regionalización de la demanda de bovinos para engorda en México. 2017-2021.

**Figure 2.** Regionalization of cattle demand for fattening in Mexico. 2017-2021.

La movilización del ganado intraestatal e interestatal estuvo determinada por la disponibilidad de recursos y la especialización. Tres de los principales estados con mayor déficit de ganado bovino para engorda también fueron los principales destinos, con baja dotación de recursos naturales, pero con clima apropiado para la producción de carne en sistema intensivo: Durango (21,1 %), San Luis Potosí (20,7 %) y Baja California (15,1 %).

La especialización de la oferta ( $58,0 \pm 22,0$  %) fue menor que la demanda ( $63,0 \pm 22,0$  %), en ambos casos, el crecimiento de la especialización anual no fue significativa ( $p > 0,05$ ), pero el crecimiento de la especialización de la oferta (3,1 %) fue mayor que en la demanda (2,0 %). El estado con la mayor especialización en la oferta fue Baja California norte con 90,0 % y el de menor Chiapas con 31,1 %; en la demanda, la mayor especialización fue en Baja California Sur con 89,0 % y la menor en Michoacán con 28,6 %.

### Oferta y demanda municipal

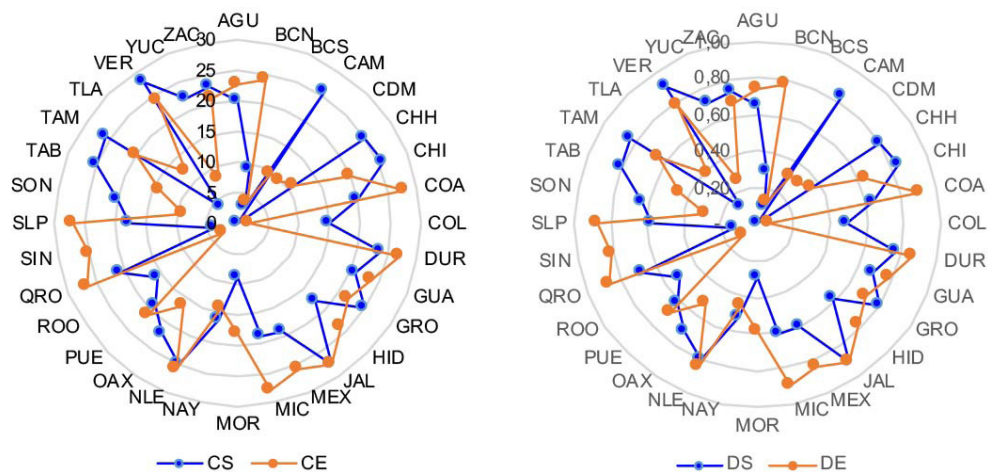
A nivel municipal fue posible focalizar la estructura del ganado para engorda en México. La oferta municipal más importante provino de Benemérito de las Américas Chiapas, representó 8,9 % del ganado bovino movilizado en México. Los siguientes municipios más importantes fueron Palenque Chiapas (7,0 %) y Matamoros Tamaulipas (2,9 %). Los dos primeros municipios prefirieron enviar el ganado a corrales de engorda de los estados del norte y centro del país.

En el caso de la demanda municipal, la aglomeración es aún mayor; los cinco municipios más importantes recibieron 49,0 % de los envíos de ganado para engorda; el municipio de Tamuín San Luis Potosí con 15,2 %, Mexicali Baja California con 10,5 %, Tlahualilo Durango con 8,9 %, Ezequiel Montes Querétaro con 8,1 % y Gómez Palacio Durango con 6,3 %. Los siguientes tres municipios en importancia fueron Vista Hermosa Michoacán (5,8 %), Montemorelos Nuevo León (4,7 %) y Culiacán Sinaloa (4,7 %).

En el periodo 2020-2021, solo dos municipios tuvieron crecimiento positivo importante, Palenque Chiapas (3,0 %) y Matamoros Coahuila (2,9 %). El municipio Benemérito de las Américas apenas movilizó 1,5 % de las cabezas



La densidad y centralidad son medidas para analizar la estructura de una red. La densidad de entrada promedio anual fue mayor que la densidad promedio anual de salida, pero no diferentes ( $p>0,05$ ),  $45,1\pm 27,4\%$  y  $43,2\pm 19,9\%$ , respectivamente. Asimismo, la centralidad promedio anual de salida fue mayor que la de entrada, pero no diferentes ( $p>0,05$ ),  $13,2\pm 6,1$  y  $13,1\pm 7,9$ , respectivamente. Los orígenes Veracruz (23,0) y Chiapas (21,6) y los destinos Durango (25,2) y Jalisco (24,8), fueron los que tuvieron la mayor centralidad de la red; los estados de Veracruz (0,75) y Chiapas (0,71) tuvieron la mayor densidad de salida, Durango (0,76) y Jalisco (0,85) de entrada (Figura 4).



**Figura 4.** Centralidad y densidad por origen y destino de bovinos para engorda en México. 2017-2021.

**Figure 4.** Centrality and density by origin and destination of cattle for fattening in Mexico. 2017-2021.

Centralidad de salida (CS)/centralidad de entrada (CE)/Out-Centralization/In-Centralization/Densidad de salida (DS)/Densidad de entrada (DE)/Out-Density/In-Density: Aguascalientes (AGU), Baja California Norte (BCN), Baja California Sur (BCS), Campeche (CAM), Chiapas (CHP), Chihuahua (CHH), Ciudad de México (CMX), 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), San Luis Potosí (SLP), Sinaloa (SIN), Sonora (SON), Tabasco (TAB), Tamaulipas (TAM), Tlaxcala (TLA), Veracruz (VER), Yucatán (YUC), Zacatecas (ZAC).

## Regiones económicas

Con base en la estructura económica, se propone una regionalización de bovinos para engorda en México. En la oferta, 62,0 % de los deciles de menor especialización también fueron los que movilizan la mayor proporción de ganado. Los dos principales exportadores de becerros (Chihuahua y Sonora) están en el decil más especializado por la calidad de sus terneros. En la demanda, el decil de menor especialización también fue el destino más importante y este está ubicado en el decil de menor especialización (Cuadro 1). Oferta: I (Baja California Sur, Baja California Norte, Sinaloa y Morelos), II (Sonora e Hidalgo), III (Nayarit, Quintana Roo, Chihuahua y Colima), IV (Michoacán, Aguascalientes y Estado de México), V (Coahuila y San Luis Potosí), VI (Zacatecas y Guanajuato), VII (Jalisco, Nuevo León, Durango, Puebla y Tlaxcala), VIII (Guerrero, Tamaulipas y Yucatán), IX (Querétaro, Tabasco y Veracruz), X (Oaxaca, Campeche, Chiapas y Ciudad de México). Demanda: I (Baja California Sur, Chihuahua, Ciudad de México y Campeche), II (Yucatán Sonora y Baja California Norte), III (Colima y Nayarit), IV (Coahuila,

**Cuadro 1.** Regiones económicas de bovinos para engorda en México. 2017-2021.**Table 1.** Economic regions of cattle for fattening in Mexico. 2017-2021.

S¥ (%)	Regiones de oferta	S£ (%)	D¥¥ (%)	Regiones de demanda	D££ (%)	XN (%)
33,8	I	35,9	45,4	I	32,1	765,279
44,1	II	22,6	49,2	II	11,6	288,272
52,7	III	6,2	53,9	III	4,5	2,176,477
55,6	IV	10,8	58,4	IV	12,2	333,582
57,6	V	1,7	60,7	V	17,8	-290,605
62,9	VI	5,3	62,2	VI	7,1	-3,206,892
68,9	VII	3,8	68,1	VII	3,4	-369,688
73,7	VIII	8,0	72,4	VIII	0,0	72,059
83,2	IX	4,3	88,2	IX	11,0	1,576,520
89,1	X	1,7	96,6	X	0,2	-1,345,004

¥ Grado de especialización de la oferta, ¥¥ grado de especialización de la demanda, £ proporción de la oferta, ££ proporción de a demanda, XN comercio neto (cabezas de ganado). / ¥ Degree of specialization of supply, ¥¥ degree of specialization of demand, £ proportion of supply, ££ proportion of demand, XN net trade (heads of cattle).

Oferta: I (Baja California Sur, Baja California Norte, Sinaloa y Morelos), II (Sonora e Hidalgo), III (Nayarit, Quintana Roo, Chihuahua y Colima), IV (Michoacán, Aguascalientes y Estado de México), V (Coahuila y San Luís Potosí), VI (Zacatecas y Guanajuato), VII (Jalisco, Nuevo León, Durango, Puebla y Tlaxcala), VIII (Guerrero, Tamaulipas y Yucatán), IX (Querétaro, Tabasco y Veracruz), X (Oaxaca, Campeche, Chiapas y Ciudad de México)

Demanda: I (Baja California Sur, Chihuahua, Ciudad de México y Campeche), II (Yucatán Sonora y Baja California Norte), III (Colima y Nayarit), IV (Coahuila, Querétaro y Aguascalientes), V (Tlaxcala, Puebla, Sinaloa y Morelos), VI (Tamaulipas, San Luís Potosí) y Zacatecas), VII (Veracruz, Guerrero y Chiapas), VIII (Tabasco, Jalisco e Hidalgo), IX (Oaxaca, Guanajuato y Quintana Roo) y X (Estado de México, Durango, Nuevo León y Michoacán).

Querétaro y Aguascalientes), V (Tlaxcala, Puebla, Sinaloa y Morelos), VI (Tamaulipas, San Luís Potosí) y Zacatecas), VII (Veracruz, Guerrero y Chiapas), VIII (Tabasco, Jalisco e Hidalgo), IX (Oaxaca, Guanajuato y Quintana Roo) y X (Estado de México, Durango, Nuevo León y Michoacán).

## Discusión

El abasto y alimentación de bovinos son las dos variables más importantes en el sistema de producción de carne en corral, no solo por la competencia de la exportación a EUA de bovinos machos, sino por las distancias entre mercados de origen y de destino (Callejas-Juárez et al., 2017). Por ello, 43,8 % de los estados tuvieron déficit en su balanza comercial de 66,0 %, principalmente en los estados del norte del país. Al agregar los terneros exportados al análisis se cumple la ley de Pareto (Motta et al., 2017), 20,0 % de la oferta abastece 80,0 % de la demanda de bovinos para engorda en México. En el periodo 2017 a 2021, las exportaciones promedio de becerros a Estados Unidos de América representaron 29,5 % del ganado bovino para engorda en México.

En el caso de México, el mercado internacional trae consigo un déficit de terneros para producir carne en el país, condiciona el abasto con terneros de los sistemas doble propósito del sureste y vaca-cría del norte, que no alcanzaron la calidad de exportación. Esta situación de mercado está desde 2005 e implica que la estructura de la ganadería bovina productora de carne en México no ha cambiado (Peel et al., 2011).

La demanda de bovino macho para exportación trae consigo cambios en la estructura de la demanda de bovinos para producir carne en México. La preferencia de bovino macho o bovino hembra disminuyó y aumentó, respectivamente, la preferencia por bovinos de ambos sexos. En corrales de engorda de Tamaulipas, Nuevo León, Baja California y Sonora se encontró una proporción de 30,0 % machos y 60,0 % hembras (Callejas-Juárez et al., 2017). Estos estados se caracterizan por ganaderías especializadas en producir ternero macho para la exportación a los Estados Unidos de América. En los últimos cinco años, México exportó a este país un promedio de  $97\,732 \pm 32\,909$  cabezas de ganado mensuales (SIAP, 2023).

La mayor proporción de la oferta de bovinos para engorda en México ha provenido de los estados del sureste, debido a que los estados del norte del país se han especializado en la producción de becerros para exportación (Callejas-Juárez et al., 2017; Callejas Juárez & Rebollar Rebollar, 2021; del Moral Barrera et al., 2008; del Moral Barrera & Murillo Villanueva, 2015). Por ello, la escasez de bovinos macho para producir carne ha llevado a los engordadores a demandar bovinos hembra para dicho fin; esto es la causa de que los estados de origen del ganado, para aprovechar el precio de los terneros, venden los mejores terneros y disminuyen la calidad de los hatos.

El flujo de ganado en México encuentra su mejor alternativa en los mercados del norte del país. Por ello, tres variables que definen la estructura del mercado de bovinos para engorda en México son el agua, el precio de la carne en pie y el acceso a los insumos de alimentación del ganado.

El agua es una variable clave en sistemas intensivos para la producción de carne, en México ocurre lo contrario. La huella hídrica para producir un kilogramo de carne de res fue de 19 242 litros de agua (Esquivel Alcántara & Salgado Vega, 2020). El peso vivo inicial de la engorda fue de 267,0 kg (Callejas-Juárez et al., 2017). El peso vivo al sacrificio fue de 467,82 kg (SIAP, 2023). Con la huella hídrica del agua, el peso vivo inicial y peso vivo final de los bovinos para engorda, la aportación en agua equivalió a 57,1 %. En México, los estados con mayor dotación de agua (Chiapas, Tabasco y Veracruz) producen los terneros para la engorda y en los estados con menor dotación de agua (Durango, Baja California y Nuevo León, San Luis Potosí) los engordan.

El precio del bovino en pie fue otra variable que explicó la estructura de mercado. En el periodo 2017 a 2021, el precio promedio (2021=100) nacional de bovinos en pie al productor fue de  $33,99 \pm 4,50$  \$/kg. El mejor precio lo tuvo el mercado de Nuevo León con  $43,05 \pm 1,26$  \$/kg y el más bajo el mercado de Puebla con  $24,87 \pm 1,26$  \$/kg, esto representó una diferencia de 18,17 \$/kg. No obstante, los siguientes mejores mercados fueron Chiapas ( $42,64 \pm 2,81$  \$/kg) y Aguascalientes ( $42,31 \pm 0,74$  \$/kg), solo el primero fue importante en la oferta, pero no en la demanda. La alta concentración nacional del mercado de la carne provoca una transmisión incompleta y asimétrica de precios del novillo en el país (Rojas-Juárez et al., 2022).

Para los dos principales oferentes de ganado sí fue determinante el precio del bovino en pie. El costo de oportunidad del mejor precio de mercado para Chiapas fue de  $0,86 \pm 0,03$  USD/kg y para Veracruz  $0,49 \pm 0,04$  USD/kg. Como Chiapas vendió en los estados de San Luis Potosí, Querétaro y Durango, dejó de obtener  $0,71 \pm 0,06$  USD/kg,  $0,68 \pm 0,08$  USD/kg y  $0,42 \pm 0,02$  USD/kg, respectivamente; Veracruz vendió a Nuevo León y San Luis Potosí, con el primero no hubo costo de oportunidad y con el segundo fue de 0,36 USD/kg.

En el acceso a los insumos para la alimentación (López Cantú et al., 2014), se requerirían 13 751,8 millones de toneladas de alimento para alimentar el promedio de ganado movilizado en México. En Durango, principal consumidor de ganado para este fin, 96,6 % de su demanda se localizó en los municipios de Tlahualilo (56,5 %) y Gómez Palacio (40,1 %), ambos ubicados en la zona árida; en San Luis Potosí, 99,2 % la demanda se localizó en el municipio de Tamuín con abundancia de agua. Los tres municipios están cercanos al puerto de Tampico para la importación de maíz.

El valor característico indica que la importancia de un nodo está determinada por la importancia de sus vecinos (Rusinowska et al., 2011). Esto significa que la oferta de ganado para engorda de un estado tendrá mayor prestigio o poder cuanto mayor prestigio o poder tengan los estados de destino en la red. En la oferta, al considerar el valor característico de la movilización de ganado bovino, Jalisco (0,25) y Veracruz (0,24) fueron los de mayor prestigio;

en la demanda, tres estados con el mismo valor característico de 0.24 fueron los de mayor prestigio (Jalisco Coahuila y Michoacán). La aplicación del valor característico está en la vigilancia y control de enfermedades (Buhnerkempe et al., 2013).

La prospectiva de centralidad y densidad de la red indican que, con una confianza de 95,0 %, en los próximos cinco años, 97,0 % de los orígenes (oferta) tengan entre 25,0 a 75,0 % de probabilidad de movilizar ganado a los 32 destinos (demanda) de México. A su vez, el 100 % de los destinos tiene una probabilidad de 25,0 a 75,0 % de comprar bovinos a los 32 orígenes. Esto refuerza la medida de homofilia de la red, los orígenes y destinos mantienen la confianza entre ellos.

## Conclusiones

La estructura y dinámica de la red nacional del mercado de bovinos para engorda de bovinos en México, está determinada por variables como el número de municipios de origen y de destino del ganado, la cantidad de cabezas de ganado enviadas por movilización, la frecuencia de cabezas de ganado movilizadas por municipios, el número de cabezas movilizadas por origen y destino, y el precio del ganado en los mercados estatales. Tanto en la oferta como en la demanda, el grado de especialización de bovinos para engorda fue bajo, además de que los principales centros de origen y de destino tienen el grado más bajo de especialización. Los estados de Jalisco y Veracruz en la oferta y Jalisco, Coahuila y Michoacán en la demanda, fueron los de mayor influencia en el mercado. En la región sureste del país se concentra la oferta y en la región norte y centro la demanda de bovinos para engorda. La red analizada solo es una de las seis redes que conforman la red nacional de movilización de bovinos en México.

## Referencias

- Bavelas, A. (1948). A mathematical model for group structures. *Human Organization*, 7(3), 16–30. <https://doi.org/10.17730/humo.7.3.f4033344851gl053>
- Bihari, A., & Pandia, M. K. (2015, February 25-27). Eigenvector centrality and its application in research professionals' relationship network. In IEEE (Ed.), *2015 International Conference on Futuristic Trends in Computational Analysis and Knowledge Management (ABLAZE)* (pp. 510–514). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ABLAZE.2015.7154915>
- Bonacich, P. (1987). Power and centrality: A family of measures. *American Journal of Sociology*, 92(5), 1170–1182. <https://doi.org/10.1086/228631>
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). *Ucinet for Windows: Software for social network analysis* (Version 6.102). Analytic Technologies. <https://sites.google.com/site/ucinetsoftware/home>
- Buhnerkempe, M. G., Grear, D. A., Portacci, K., Miller, R. S., Lombard, J. E., & Webb, C. T. (2013). A national-scale picture of U.S. cattle movements obtained from Interstate Certificate of Veterinary Inspection data. *Preventive Veterinary Medicine*, 112(3–4), 318–329. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.08.002>
- Cabezas, A. H., Sanderson, M. W., Lockhart, C. Y., Riley, K. A., & Hanthorn, C. J. (2021). Spatial and network analysis of U.S. livestock movements based on Interstate Certificates of Veterinary Inspection. *Preventive Veterinary Medicine*, 193, Article 105391. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105391>
- Callejas Juárez, N., & Rebollar Rebollar, S. (2021). Análisis de la demanda de bovinos carne en pie en los centros de sacrificio de México, 2000-2018. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(3), 861–877. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5569>

- Callejas-Juárez, N., Rebollar-Rebollar, S., Ortega-Gutiérrez, J. Á., & Domínguez-Viveros, J. (2017). Parámetros bio-económicos de la producción intensiva de la carne de bovino en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(2), 129–138. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4415>
- Callejas-Juárez, N., Sandoval-Lujan, G. C., Salas-González, J. M., & Domínguez-Arrieta, E. (2023). Network structure for the mobility of bovines produced in the state of Chihuahua, Mexico, 2010–2019. *Agrociencia*, 57(3), 622–653. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i3.2742>
- Capello, R., & Nijkamp, P. (Eds.) (2019). *Handbook of regional growth and development theories* (2<sup>nd</sup> ed.). Edward Elgar Publishing Limited. <https://doi.org/10.4337/9781788970020>
- Corman, J. (1989). Social structures: A network approach, by B. Wellman & S. D. Berkowitz. *The Canadian Journal of Sociology*, 14(4), 543–545. <https://doi.org/10.2307/3340665>
- del Moral Barrera, L. E., Ramírez Gómez, B. P., & Muñoz Jumilla, A. R. (2008). Crecimiento regional de la producción de carne de cerdo en México, 1980-2005. *Análisis Económico*, 23(52), 271-290. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/39173>
- del Moral Barrera, L. E., & Murillo Villanueva, B. (2015). Dinámica del mercado de la carne bovina en México un análisis de competitividad. *Paradigma Económico*, 7(1), 107-125. <https://paradigmaeconomico.uaemex.mx/article/view/4839>
- Drouillard, J. S. (2018). Current situation and future trends for beef production in the United States of America - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(7), 1007–1016. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0428>
- Esquivel Alcántara, A., & Salgado Vega, M. del C. (2020). Huella hídrica de once productos de origen animal de México y Estados Unidos. In Universidad Nacional Autónoma de México, & Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C (Eds.), *Factores críticos y estratégicos en la interacción territorial desafíos actuales y escenarios futuros* (Vol II, pp. 323–338). Universidad Nacional Autónoma de México, & Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C. <https://ru.iiec.unam.mx/5116/1/4-063-Esquivel-Salgado.pdf>
- Figuroa-Reyes, S., Rebollar-Rebollar, S., Rebollar-Rebollar, E., Rebollar-Rebollar, A., & Hernández-Martínez, J. (2019). Modelo de demanda para bovinos carne en el Centro Occidente de México 1996-2017. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 44, 138–145.
- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- Freeman, L. C., Borgatti, S. P., & White, D. R. (1991). Centrality in valued graphs: A measure of Betweenness Based on Network Flow. *Social Networks*, 13(2), 141–154. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(91\)90017-N](https://doi.org/10.1016/0378-8733(91)90017-N)
- García, D., Kutlu, L., & Sickles, R. C. (2022). Market structures in production economics. In S. C. Ray, R. G. Chambers, & S. C. Kumbhakar (Eds.), *Handbook of production economics* (pp. 537–574). Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-3455-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3455-8_4)
- Gorsich, E. E., Luis, A. D., Buhnerkempe, M. G., Gear, D. A., Portacci, K., Miller, R. S., & Webb, C. T. (2016). Mapping U.S. cattle shipment networks: Spatial and temporal patterns of trade communities from 2009 to 2011. *Preventive Veterinary Medicine*, 134, 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.09.023>
- Gorsich, E. E., Miller, R. S., Mask, H. M., Hallman, C., Portacci, K., & Webb, C. T. (2019). Spatio-temporal patterns and characteristics of swine shipments in the U.S. based on Interstate Certificates of Veterinary Inspection. *Scientific Reports*, 9(1), Article 3915. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40556-z>
- Harvard Growth Lab. (n.d.). *The atlas of economic complexity*. Retrieved March 2, 2022 from <http://www.atlas.cid.harvard.edu>

- International Organization for Standardization. (2022). *Codes for the representation of names of countries and their subdivisions* (Standar ISO 3166). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:code:3166:MX>
- Lira, L., & Quiroga, B. (2009). *Técnicas de análisis regional* (Series manuales 59). Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/5500>
- López Cantú, D. G., Hernández Barraza, C. A., Loredo Osti, J., Adame Garza, J. A., & Guerrero Gómez, S. (2014). Relación beneficio-costo utilizando dos  $\beta$ -adrenérgicos en la engorda de bovinos en corral. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 34, 883–896. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.173299>
- Martínez-López, B., Perez, 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>
- Motta, P., Porphyre, T., Handel, I., Hamman, S. M., Ngu Ngwa, V., Tanya, V., Morgan, K., Christley, R., Bronsvoort, B. M. de C. (2017). Implications of the cattle trade network in Cameroon for regional disease prevention and control. *Scientific Reports*, 7, Article 43932. <https://doi.org/10.1038/srep43932>
- Nöremark, M., Håkansson, N., Sternberg Lewerin, S., Lindberg, A., & Jonsson, A. (2011). Network analysis of cattle and pig movements in Sweden: Measures relevant for disease control and risk based surveillance. *Preventive Veterinary Medicine*, 99(2-4), 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.12.009>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *FAOSTAT. Cultivos y productos de la ganadería*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Peel, D. S., Mathews, K. H., & Johnson, R. J. (2011, August). *Trade, the expanding Mexican beef industry, and feedlot and stocker cattle production in Mexico*. United States Department of Agriculture. [https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/37416/6818\\_ldpm20601.pdf?v=7069](https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/37416/6818_ldpm20601.pdf?v=7069)
- Ribbens, S., Dewulf, J., Koenen, F., Mintiens, K., de Kruif, A., & Maes, D. (2009). Type and frequency of contacts between Belgian pig herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 88(1), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2008.08.002>
- Robinson, S. E., & Christley, R. M. (2007). Exploring the role of auction markets in cattle movements within Great Britain. *Preventive Veterinary Medicine*, 81(1-3), 21–37. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2007.04.011>
- Rojas-Juárez, L. A., Jaramillo-Villanueva, J. L., Vargas-López, S., Bustamante-González, A., & Guerrero-Rodríguez, J. de D. (2022). Transmisión vertical y horizontal de precios en el sub-sector ganado carne de bovino en México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3), Article e3307. <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3307>
- Rusinowska, A., Berghammer, R., De Swart, H., & Grabisch, M. (2011). Social networks: Prestige, centrality, and influence. In H. de Swart (Ed.), *Relational and algebraic methods in computer science. RAMICS 2011. Lecture notes in computer science* (Vol 6663, pp. 22–39). Springer, Berlin. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-21070-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-21070-9_2)
- Salinas Labra, S., Rubio Lozano, M. S., Braña Varela, D., Méndez Medina, R. D., & Delgado Suárez, E. J. (2020). Desarrollo y validación de un patrón visual para la evaluación del color de la carne de bovino en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(2), 479–497.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023, junio 15). *Producción ganadera*. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>
- Verd, J. M., Lozares, C., Cruz Gómez, I., & Barranco, O. (2014). La homofilia/heterofilia en el marco de la teoría y análisis de redes sociales. Orientación metodológica, medición y aplicaciones. *Metodología de Encuestas*, 16, 5–25. <http://casus.usal.es/pkp/index.php/MdE/article/view/1035/981>