



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-
ADMINISTRATIVAS

DOCTORADO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CARNE DE BOVINO EN
MÉXICO



APROBADA



Que como requisito parcial para obtener el grado de:
DOCTORA EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

Presenta:

ANDREA TRUJILLO NAVA

Bajo la supervisión de: DR. RAMÓN VALDIVIA ALCALÁ



Chapingo, Estado de México, noviembre 2023

HOJA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CARNE DE BOVINO EN MÉXICO

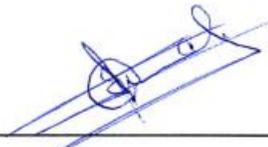
Tesis realizada por **ANDREA TRUJILLO NAVA** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS

DIRECTOR: 
DR. RAMÓN VALDIVIA ALCALÁ

ASESOR: 
DR. JUAN HERNÁNDEZ ORTIZ

ASESOR: 
DR. MARCO ANDRÉS LÓPEZ SANTIAGO

LECTOR EXTERNO: 
DR. EMILIO PEÑA JUAREZ

CONTENIDO

LISTA DE ABREVIATURAS	i
DEDICATORIAS	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	iv
RESUMEN GENERAL	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivo General.....	3
1.2.1 Objetivos Específicos	3
1.3 Hipótesis General	3
1.3.1 Hipótesis Específicas	4
1.4 Justificación y uso de los resultados.....	4
1.5 Capítulos de la tesis	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 El subsector pecuario en México.....	5
2.2. Huella hídrica	8
2.3. Modelo econométrico del mercado de la carne de bovino	11
3. ARTICULO I.....	13
4. ARTICULO II.....	19
5. CONCLUSIONES	35
6. BIBLIOGRAFÍA.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviaturas	Palabras	Significado
A. C.	Asociación Civil	
BANOBRAS	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos	
COVID-19	Coronavirus de 2019	"CO" para corona, "VI" para virus, "D" para enfermedad y "19" para el año en que se identificó por primera vez el brote, a fines de 2019.
Dr.	Doctor	
<i>et. al.</i>	<i>et alii</i>	y otros
FAO	Food and Agriculture Organization	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
HH	Huella Hídrica	
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía	
núm.	número	
Págs.	páginas	
PIB	Producto Interno Bruto	
pp.	páginas	
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural	
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera	
TIF	Tipo Inspección Federal	Rastro tipo inspección federal
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte	
USDA	United States Department of Agriculture	
Vol.	volumen	

DEDICATORIAS

“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente, no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo donde quiera que vayas.”

Josué 1:9

A mi hija Emilia, por ser mi compañera, mi inspiración y mi motivación para continuar y ser mejor día con día.

A mi esposo Héctor, por su apoyo y amor en esta etapa de superación profesional y personal.

A mis padres, Itzel y Marco, por creer en mi potencial y ayudarme a demostrarlo, acompañándome hasta llegar a este punto de éxito.

A mi hermana Mariana, por no permitir que me rindiera ante la adversidad e impulsarme a ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de estudios de posgrado, de igual manera agradezco a la Universidad Autónoma Chapingo.

Además, agradezco al Dr. Ramón Valdivia Alcalá por su valiosa colaboración y guía para poder concretar esta tesis.

Sinceras gracias al Dr. Juan Hernández Ortiz y al Dr. Marco Andrés López Santiago por su asesoramiento para llevar a cabo la presente tesis.

Asimismo, agradezco al Dr. Vicente Trujillo Figueroa por su inestimable apoyo en aspectos técnicos de la investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Andrea Trujillo Nava

Fecha de nacimiento: 15 de noviembre de 1992

Lugar de nacimiento: Texcoco de Mora, Estado de México, México.

CURP: TUNA921115MMCRVN06



Desarrollo académico

Licenciatura: Licenciatura en Administración. Universidad Autónoma del Estado de México. 2010 - 2014.

Cédula profesional: 11501727

Maestría: Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales. Universidad Autónoma Chapingo. 2017 – 2019

Cédula profesional: 13364671

RESUMEN GENERAL

PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CARNE DE BOVINO EN MÉXICO

Debido a los cambios que el mundo ha sufrido en los últimos años, es de interés conocer el comportamiento de los mercados, en este caso, el mercado de la carne, debido a su importancia económica y nutricional de los bienes que comercializa. De igual manera es de importancia conocer indicadores medioambientales del sistema productivo de la carne, y con esto proponer métodos más eficientes para la reducción del impacto ambiental que tiene este sector.

Los objetivos de la presente investigación fueron conocer el comportamiento del mercado de la carne de res en México e identificar un indicador medioambiental del sistema productivo de la carne de res. El método para analizar el mercado de la carne bovina fue mediante un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas, estimado por mínimos cuadrados en dos etapas. Para obtener la huella hídrica se utilizó la metodología propuesta por Hoekstra.

Para la carne bovina se obtuvo que los factores determinantes para la oferta y demanda fueron los precios al productor y el precio de la carne bovina respectivamente, además, se puede apreciar, que el precio de la carne de cerdo, el cual es su sustituto, ha aumentado su nivel de influencia sobre la demanda de carne bovina. Los resultados obtenidos indicaron que la huella hídrica azul y verde, estimada para la carne de res es de 2,972.4 litros por kg,

Se concluyó que existe diferencia entre la huella hídrica obtenida en la presente investigación y las existentes en la literatura, esto puede ser debido a las diferencias en dieta y raza del animal estudiado, entre otras razones. En cuanto al análisis del mercado de la carne bovina, la investigación concluyó que son de importancia los precios rezagados del ganado en la oferta.

Tesis de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Andrea Trujillo Nava

Director de tesis: Ramón Valdivia Alcalá

ABSTRACT

PRODUCTION AND CONSUMPTION OF BEEF IN MEXICO

Due to the changes that the world has endured in recent years, it is of interest to know the behavior of the markets, in this case, the meat market, due to the economic and nutritional importance of the goods it sells. Likewise, it is important to know environmental indicators of the meat production system, and with this information propose more efficient methods to reduce the environmental impact of this sector. The objectives of this research were to understand the behavior of the beef market in Mexico and to identify an environmental indicator of the beef production system. The method to analyze the beef market was through an econometric model of simultaneous equations, estimated by least squares in two stages. To obtain the water footprint, the methodology proposed by Hoekstra was used. For beef, it was found that the determining factors for supply and demand were producer prices and the price of beef respectively. Furthermore, it can be seen that the price of pork, which is its substitute, has increased its level of influence on the demand for beef. The results obtained indicated that the blue and green water footprint, estimated for beef, is 2,972.4 liters per kg,

It was concluded that there is a difference between the water footprint obtained in the present research and those existing in the literature; this may be due to differences in diet and breed of the animal studied, among other reasons. Regarding the analysis of the beef market, the investigation concluded that the lagging livestock prices are important in supply.

Keywords: Beef, Water Footprint, Demand Analysis, Supply Analysis.

Thesis, Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Andrea Trujillo Nava
Advisor Ramón Valdivia Alcalá

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, después del inicio de la pandemia por el Covid19, la población mexicana se ha preocupado más por su salud (CIO, 2020), esto se suma a la existente preocupación por el cambio climático y los efectos que produce, como son, los incrementos en la temperatura, alteraciones en el clima, inundaciones, con consecuencias para las generaciones futuras, así como posibles impactos en la salud (Oltra, *et. al.*, 2009).

El llevar una dieta balanceada es parte fundamental del cuidado a la salud, ya que una alimentación deficiente puede provocar múltiples enfermedades debido a un inadecuado consumo de nutrientes (Cardero, *et. al.*, 2009). En este sentido, el consumo de carne de res es de importancia en una dieta saludable, ya que nutricionalmente aporta energía, proteína, calcio, hierro, magnesio, fosforo, potasio, vitamina B12 y zinc, entre otros nutrientes de suma importancia para la salud (USDA, 2019; SADER, 2020), además el consumo de carne de res es básico en la prevención de la anemia, causado frecuentemente por la falta de hierro, la cual afecta a más de 700 millones de personas, principalmente lactantes mayores, niños pequeños y mujeres en edad reproductiva (Cardero, *et. al.*, 2009).

En cuanto al mercado de la carne, de entre los cuatro principales tipos que se comercializan, la carne de res es la de mayor precio, en este sentido, los precios internacionales han ido en aumento desde octubre de 2020, llegando a un máximo histórico en marzo de 2022, sin embargo, a partir de ese punto los precios han ido disminuyendo, en parte debido al aumento de la disponibilidad de exportaciones, principalmente de Brasil (FAO, 2022).

Recientemente, los requisitos de distanciamiento social por Covid-19 se han relajado, sin embargo, aún continúan interrumpiendo las cadenas de valor y el funcionamiento del mercado de la carne, a esto se le suma el aumento de los costos de la energía, la alimentación animal, los fertilizantes, entre otros insumos, lo cual ha reducido el margen de ganancia de los productores, llevando a un retroceso en los sistemas de producción de carne (FAO, 2022).

En sentido contrario, se pronostica que las compras de carne aumenten en algunos países, en específico, se espera el aumento de la demanda de carne de res por parte de consumidores con alto poder adquisitivo y por parte de la industria de la hospitalidad, que se recupera acercándose a niveles pre-pandemia. Además, se espera que la producción de carne de bovino aumente en el mundo, así como un aumento en las exportaciones, hablando específicamente de México (FAO, 2022).

En cuanto al mercado de la carne en México, la SADER (2021) reporta que “la producción de carne bovina alcanzó en 2020 un máximo histórico, al superar las dos millones de toneladas, lo que representó un incremento de 2.57% con respecto a 2019”; de acuerdo con el SIAP (2022), en el segundo trimestre de 2022 el sector pecuario aumentó su PIB en 2.6%, a su vez, la producción de carne bovina en canal aumentó en un 1.8% y fue el segundo producto pecuario más significativo para el país, después del ave.

De acuerdo con información de SIAP (2016), “El ganado bovino se clasifica en dos especies: 1) Bos Taurus (europeo) y 2) Bos indicus (Indopaquistano). Existen aproximadamente 30 razas utilizadas para la obtención de carne en nuestro país, entre las cuales destacan: Hereford, Charolais, Brahman, Nelore, Pardo Suizo Europeo, Indobrasil, Gir, Beefmaster, Simmental, Limousin, Brangus, Angus, entre otras.”

Las principales zonas productoras de carne de bovino en México fueron la región Centro – Occidente y Sur – Sureste, con una participación en la producción de 30% y 27% respectivamente (SIAP, 2022).

En el tercer trimestre de 2022 el sector primario representó el 3.36% del PIB, a su vez, representó el 12.26% de la fuerza laboral en México (BANOBRAS, 2022); de los trabajadores ocupados en el sector primario el 86.6% fueron hombres y 13.4% mujeres; a su vez, el subsector pecuario representa el 13.4% de la mano de obra ocupada en el sector primario (SIAP, 2022).

Debido a esto es de importancia analizar el mercado de la carne y sus precios, así como sus métodos de producción, conocer si existen formas de cuidar el medio

ambiente mientras se producen suficientes bienes, así como el comportamiento del mercado ante cambios actuales.

1.1 Planteamiento del problema

Debido a los cambios vertiginosos que el mundo ha sufrido en los últimos años, es de interés conocer y pronosticar el comportamiento de los mercados, en este caso, el mercado de la carne, debido a su importancia económica y a la importancia nutricional de los bienes que comercializa. De igual manera es de importancia conocer indicadores medioambientales del sistema productivo de la carne, y con esto proponer métodos más eficientes para la reducción del impacto ambiental que tiene este sector.

1.2 Objetivo General

Conocer el comportamiento del mercado de la carne de res en México durante el periodo de pandemia e identificar un indicador medioambiental del sistema productivo de la carne de res.

1.2.1 Objetivos Específicos

- a) Determinar la huella hídrica de la carne de bovino de producción estabulada de la raza Charoláis, con una dieta establecida, en el municipio de Ezequiel Montes, Querétaro.
- b) Identificar los determinantes de la oferta y demanda en el mercado de la carne de res en México, sin contar los factores externos, durante el periodo de tiempo 2003 – 2022 y de esta manera conocer el comportamiento del mercado durante la pandemia.

1.3 Hipótesis General

Es posible conocer el comportamiento del mercado de la carne de res en México e identificar un indicador ambiental del sistema productivo del mismo producto.

1.3.1 Hipótesis Específicas

- a) Se determina la huella hídrica de la carne de res de engorda en sistema intensivo, con una dieta determinada y conversión alimenticia específica, esto al ser eficiente resulta en una huella hídrica menor a las reportadas por la literatura.
- b) El mercado de la carne de res en México se alteró durante el periodo de la pandemia y se acerca a niveles pre-pandemia.

1.4 Justificación y uso de los resultados

La investigación se realizará debido a un interés de conocer el comportamiento del mercado de la carne de res en México durante el periodo de la pandemia, ya que al identificar los factores que alteran el mercado se pueden realizar predicciones que favorezcan a los involucrados; además, el conocer indicadores ambientales del sistema productivo de la carne de res se pueden dar recomendaciones para disminuir el impacto ambiental que el sistema genera. A su vez, se realizará esta investigación con el fin de obtener el grado de Doctora en Ciencias en Economía Agrícola.

1.5 Capítulos de la tesis

En el primer capítulo de la tesis se aborda el alcance de la investigación, en el segundo capítulo se realiza una revisión del estado actual de los temas de investigación, en este caso, la huella hídrica en producción agropecuaria y los determinantes de los mercados de bienes agropecuarios.

Los capítulos tres y cuatro son los artículos resultado de las investigaciones realizadas durante el doctorado; el primer artículo es el correspondiente a investigación de huella hídrica, con título “Estimation of the wáter footprint in the production of beef from European cattle in Mexico” el cuál ya se encuentra publicado en la revista “Agro Productividad”; el segundo artículo es el titulado “El mercado de la carne bovina en México durante el periodo de 2003-2022” el cual ha sido enviado a la “Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias del INIFAP”.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El subsector pecuario en México

El sector que más aporta a la economía mexicana es el terciario, con una participación en el PIB del 64% (INEGI, 2020), sin embargo, no se puede dejar de lado la importancia del sector primario; su aportación al PIB nacional es del 3.7%, y dentro de este sector, la cría y explotación de animales, es decir, el subsector pecuario, aportó más de 240,000 millones de pesos a la economía mexicana (INEGI, 2020).

El impulso al crecimiento económico de México, dado por el subsector pecuario, está representado en primera instancia por el efecto multiplicador de ingreso y empleo; en este sentido, los sistemas productivos más relevantes del lado de la demanda resultaron ser, la producción avícola y porcina; a su vez, del lado de la oferta los más relevantes fueron la producción bovina y la avícola. Otro dato importante del aporte del subsector a la economía nacional es su nivel de autoconsumo, ya que este es elevado, siendo los principales consumidores las explotaciones de ovinos y caprinos, seguidos por las explotaciones bovinas y después las avícolas; estos encadenamientos productivos suponen un aumento en la competitividad del subsector (Sosa, *et. al.*, 2017).

Los sistemas productivos bovinos se caracterizan por la baja participación femenina en los empleos, además en promedio los ganaderos tienen más de 50 años y el relevo generacional es bajo (Parra & Magaña, 2019); los factores que más afectan la rentabilidad de estos sistemas productivos son la compra de insumos alimenticios para el ganado y la mano de obra (Gamboa, *et. al.*, 2005), en el caso de los insumos, estos aumentan su precio en mayor medida que los precios del ganado, lo que lleva a una disminución de la producción de carne de res, además, existe un efecto en las importaciones de carne de res y en el consumo de bienes sustitutos, ya que ambos aumentan; esto puede llevar a los productores de carne bovina a producir otros bienes y dejar la engorda de ganado (Martínez, *et. al.*, 2015, Carrera & Bustamante, 2013).

A esto se le puede agregar que el desarrollo de la actividad pecuaria en ciertas regiones del país se debe a condiciones naturales en vez de por la inducción tecnológica, donde se aprovechan los pastizales y se suplementa poco con alimentos balanceados, esto es rentable, pero de poca productividad (Hernández, *et. al.*, 2011).

Ahora bien, la producción de carne bovina va en aumento, sin embargo, el rendimiento de la carne en canal en general es poco productivo, además, México se encuentra en desventaja competitiva ante su socio comercial Estados Unidos, ya que este es el mayor productor y exportador de carne; esto puede cambiar si aumenta la calidad de la carne y se lleva a cabo diferenciación de productos cárnicos (Magaña, *et. al.*, 2020).

A pesar de esto, la producción de carne bovina en México es una actividad económicamente sostenible, rentable y competitiva, ésta resulta más rentable entre mayor sea el volumen de ganado, esto en parte se debe a que los productores con mayor escala de producción obtuvieron los insumos de la dieta animal a menor costo (Hernández, *et. al.*, 2016; Callejas, *et. al.*, 2017; Rebollar, *et. al.*, 2011; Callejas, *et. al.*, 2014; Vargas, *et. al.*, 2015).

En particular, las importaciones de la industria bovina son altamente competitivas y la balanza agropecuaria ha mostrado tendencia deficitaria, sin embargo, la producción nacional presenta áreas de oportunidad para abastecer el mercado nacional y mejorar las exportaciones, las sugerencias que se hacen para alcanzar esto son, aumentar la existencia de rastros TIF y añadir valor agregado a las carnes (Montaño, *et. al.*, 2021).

En cuanto a la cadena productiva en los sistemas de producción de carne bovina, es recomendable que el eslabón con mayores utilidades apoye al eslabón de menores utilidades, con el fin de asegurar la supervivencia de toda la cadena, así como la implementación de mecanismos de comunicación y generación de información compartida para toda la cadena productiva (Zorrilla & Palma, 2010).

En cuanto a las problemáticas que aquejan a ésta, se puede mencionar que en ciertas zonas del país, la distancia entre las unidades de producción de la cadena productiva es demasiado grande, además de que existe bajo volumen de producción; al mismo tiempo, el eslabón con mayores ganancias fue el de los intermediarios y comercializadores; y los productores tienen poca participación en la cadena (Calderón, *et. al.*, 2012).

Por consiguiente, aunque existen ventajas comparativas en la cadena de producción, no todos los eslabones pueden aprovecharlas, como es el caso de los pequeños productores; a esta situación se le suma que éstos tienen bajo nivel técnico de la producción y comercialización, además de que existe acaparamiento del mercado de exportaciones. Para tener un mercado de la carne bovina competitivo en México se necesita una mayor integración de la cadena productiva y apoyo del gobierno, de igual manera es necesario producir carne de mayor terneza, carnes más magras, tener un mayor grado de tecnificación y generar volumen constante y homogéneo de producción (García, 2014; Bautista, *et. al.*, 2020).

Por lo que se refiere a los consumidores de carne bovina en México, estos se caracterizan por ser mujeres, con familia de 3 a 4 integrantes, con escolaridad media superior, con un gasto del ingreso familiar en alimentos del 20 al 50%, y los consumidores con ingresos menores consumen cortes de carne populares y no cortes especiales, y la mayoría compra en tiendas de autoservicio (Téllez, *et. al.*, 2012), los hombres consumidores de carne bovina se caracterizan por tener un mayor conocimiento acerca de los tipos de razas bovinas y las calidades de los cortes de carne, a diferencia de las mujeres que tienen mayor conocimiento en formas de preparar la carne; en general se consume carne bovina de una a tres veces por semana, y el consumo aumenta conforme aumenta el ingreso (Vilaboa, *et. al.*, 2009).

En relación con lo sucedido en los últimos años, es decir, la pandemia de COVID-19, este suceso significó un freno para el comercio mundial, y aceleró prácticas como el e-commerce y demás actividades virtuales, con salidas de capitales de las economías en desarrollo hacia los países desarrollados, la disminución de la

demanda en Asia, junto con la problemática de la logística por ser China el foco de la pandemia, así como la bajada abrupta del turismo mundial y su demanda; los países que vieron afectadas sus exportaciones fueron India, Estados Unidos y Australia; Brasil, Colombia y Nueva Zelanda aumentaron sus exportaciones; sin embargo, en algunos países, ese aumento de exportaciones estuvo impulsado por la disminución del consumo doméstico, el alza de los precios y menor producción, a pesar de esto, la pandemia creó la oportunidad de reevaluar los sistemas de producción, aunque la recuperación de los países y sus mercados cárnicos, depende en gran medida de su capacidad monetaria(Hernández, 2022; Bonomelli, 2020).

2.2. Huella hídrica

El primer concepto de huella hídrica (HH) se mencionó en Hoekstra (2003) y se define como “contenido de agua virtual acumulado de todos los bienes y servicios consumidos por un individuo o por los individuos de un país”.

De manera más actual, la huella hídrica se define como “Indicador que muestra la apropiación humana de los recursos hídricos. Se refiere al volumen total de agua dulce empleado para producir algo, ya sea que se haya incorporado al producto, evapotranspirado por algún cultivo, devuelto a otra cuenca, o empleado por algún cuerpo de agua para asimilar la carga contaminante” (Vázquez del Mercado & Lambarri, 2017).

La huella hídrica (HH) es considerada como un indicador del consumo de agua dulce realizado por la gente, además considera el impacto que este tiene ambientalmente; a su vez, está compuesta por tres partes codificadas por colores, la primera es la HH verde, que considera el agua de lluvia; la segunda parte es la HH azul, que es el agua superficial y la subterránea; y la HH gris que se refiere al volumen de agua que se necesita para asimilar la contaminación, esto basado en lo existente con respecto a estándares de calidad de agua (Vázquez del Mercado & Lambarri, 2017; Mekonnen & Hoekstra, 2012).

También se puede considerar la HH como la cantidad de agua que se necesita, durante toda la cadena productiva para producir un bien, y se considera de carácter geográfico y temporal (Hoekstra, *et. al.*, 2011).

En cuanto al tema de la presente investigación, la HH de animales, ésta consiste en la suma la HH indirecta del alimento que consumen los animales, la HH del agua que beben y la HH del agua que se utiliza en la granja para los servicios, como limpieza de corrales. La HH de animales puede ser de toda la vida del animal o por periodo de tiempo (Mekonnen & Hoekstra, 2012).

La situación de la huella hídrica y el agua virtual en América Latina indica que Brasil y Argentina son los mayores exportadores de agua, mediante el comercio agropecuario, a pesar de esto, no depende hídricamente del exterior; en contraste, México es el principal importador de agua mediante comercio agropecuario e industrial, y depende enormemente del exterior en materia hídrica; otros países que dependen hídricamente del exterior, más que el promedio, son Chile, Costa Rica y Venezuela, entre otros. En el caso de México, el ser importadores de agua virtual les permite ahorrar este recurso, pero su soberanía alimentaria se ve afectada (Vázquez & Buenfil, 2012).

Es posible estimar la HH de gran variedad de productos, en especial los relacionados con los sectores agrícola y pecuario, por ejemplo, la HH (huella hídrica) de cultivos forrajeros y su eficiencia productiva, donde se ha demostrado que los cultivos sembrados en zona árida, siendo que el 45% de la superficie agrícola de la zona se destina a forrajes, emplean el 94.7% del agua subterránea y generan solo el 33% del valor bruto de la producción agrícola de la zona, además se concluye que si solo se cultivaran maíz y sorgo, que son los cultivos con menor HH se disminuiría la presión hídrica, la producción de forrajes se mantendría y el empleo no se vería afectado. (Ríos *et al.*, 2015).

Otro ejemplo de la huella hídrica del sector agrícola es la del sector azucarero en México (Gallego, *et al.*, 2019; Garay, *et. al.*, 2022), la cual tiene una elevada HH, mayor a la de otros productos agrícolas, además de prácticas productivas poco

controladas, los residuos contaminantes no son tratados de manera efectiva por lo que la HH gris va en aumento, para controlar esto el estado mexicano ha apoyado prácticas de reducción de consumo de agua y de tratamiento de aguas residuales al crear beneficios tributarios. Otros cultivos agrícolas con un uso del recurso agua elevado son los cultivos de tomate y cebolla en México (Peñaloza, *et. al.* 2020).

En cuanto a productos agropecuarios, (Ríos, *et. al.*, 2017) un ejemplo es el sector lácteo bovino de la Comarca Lagunera en México donde se determinó que los metros cúbicos de agua que se requieren para producir un litro de leche, es decir, su huella hídrica, fue de $3,344 \text{ m}^3 \text{ L}^{-1}$. A esto se le agrega que existe un gran impacto ambiental como consecuencia de las practicas productivas del sector lácteo, las posibles estrategias de mitigación tienen énfasis en el ahorro de agua, ya que la región productora es árida y con gran estrés hídrico (Navarrete, *et. al.*, 2019).

Las metodologías disponibles permiten analizar la HH para un bien, así como realizar un análisis a solo una parte del sistema productivo de dicho bien, un ejemplo de esto es la estimación de la huella hídrica durante el proceso de sacrificio de ganado bovino (Zambrano, *et. al.*, 2018) de esta manera es posible determinar en qué parte del proceso se utiliza más agua, en este caso, se ocupa más agua en el proceso de engorda que en el de sacrificio.

También es de utilidad el comparar la huella hídrica de diversos productos, por ejemplo, la comparación de la HH de productos de origen animal, esto con la finalidad de conocer si los productos de México o los de Estados Unidos tienen una mayor huella hídrica; en este caso los resultados mostraron que estadísticamente los dos países tienen iguales HH. A su vez, es posible analizar las HH de productos no solo de diferentes países, sino también de diferentes métodos de producción, los resultados muestran una mayor huella hídrica para los productos animales en comparación con los agrícolas, así como un mayor uso de recurso agua en sistemas de producción diversos (Esquivel & Salgado, 2020; Mekonnen & Hoekstra, 2012).

En cuanto al ganado de engorda, es posible analizar el impacto ambiental en términos económicos y este es mayor al valor económico de la producción; además

es posible comparar el sistema ganadero tradicional con los sistemas agroecológicos, resultando en que el primero, es decir, la ganadería industrial, tiene costos ambientales altos, a su vez, los pequeños productores son vulnerables ante los grandes corporativos y las huellas que genera el sector ganadero contribuyen con el cambio climático (Navarrete, *et. al.*, 2019; Vargas, *et. al.*, 2019).

2.3. Modelo econométrico del mercado de la carne de bovino

Para analizar y pronosticar el comportamiento de las variables que afectan el mercado de diversos productos se hace mediante el uso de modelos econométricos, en este sentido se puede analizar la demanda de un producto tan básico para el pueblo mexicano como lo es la tortilla (Retes *et. al.*, 2014), de esta manera se ha demostrado que el precio propio de la tortilla es inelástico y la elasticidad gasto es negativa; también se puede comprobar que la tortilla se comporta como un bien normal inferior y que sus bienes complementarios son el frijol, las carnes, la salsa y el queso, además sus bienes sustitutos son el pan, el arroz y la papa.

En cuanto a productos agrícolas (Ricardo, *et. al.*, 2006) analizan al impacto generado por la apertura comercial en Colombia, en específico en cuatro cultivos de importancia, el arroz, algodón, maíz y sorgo, esto demostró que el arroz y el maíz fueron los cultivos menos afectados por la apertura. Otro producto agrícola analizado es el maíz de riego (Martínez, 2013), donde se demuestra que el crecimiento de la superficie sembrada es menor que aquella afectada por el clima.

Igualmente se puede realizar un análisis del mercado de la carne, con el mismo método, aplicado para diversos países (Prišenk, *et. al.*, 2016), y diversos productos cárnicos, como son la demanda de carne de ave, cerdo y vacuno, estos bienes se comportan como bienes normales y de manera inelástica a los cambios en el ingreso. Con un análisis concreto a la demanda de pollo a nivel minorista es posible demostrar que esta es relativamente inelástica a su precio, al precio de la carne vacuna y al ingreso. (Silva, 2001).

Para el caso de México y la carne de pollo, (Ramírez, *et. al.*, 2003), se ha demostrado que las variables que tienen un mayor efecto sobre la oferta son la

conversión alimenticia y el precio esperado del sorgo, además se obtuvo que las variables que influyen sobre la demanda son el precio de la carne al consumidor y el ingreso. Asimismo, se puede analizar el mercado de la carne de porcino (García, *et. al.*, 2004), indicaron que el progreso tecnológico es uno de los factores con más influencia en el crecimiento de la producción, seguido por el factor de alimento balanceado.

En cuanto a la carne de cerdo en México (Licea & Carreño, 2010; Rebollar, *et. al.*, 2014), los principales determinantes son el precio de la carne de cerdo, el costo del alimento para porcino y la conversión alimenticia, y para la demanda los determinantes fueron el precio del producto y el precio de la carne de res por ser bien sustituto, así como el ingreso.

De manera internacional para el mercado de la carne de bovino (Pereira, *et. al.*, 2021), se ha determinado que los precios de los bienes sustitutos que son la carne de pollo y cerdo, el precio de los combustibles y el ingreso son los factores que afectan la oferta y la demanda. En México (Castro, *et. al.*, 2019; Cruz & García, 2014; Benítez, *et al.*, 2010) el precio al productor y los precios del alimento balanceado influyen en la oferta y para la demanda influyen el ingreso, los precios de los sustitutos y los precios al consumidor de la carne de res.

3. ARTICULO I

Estimation of the water footprint in the production of beef from European cattle in Mexico

Trujillo-Nava, Andrea ; Valdivia-Alcalá, Ramón^{1*} ; Hernández-Ortiz, Juan ; López-Santiago, Marco A. 

¹ Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.
* Correspondence: ramvaldi@gmail.com

ABSTRACT

Objective: To determine the water footprint of beef from Charolais cattle subjected to stable production and an established diet.

Design/ Methodology/ Approach: The water footprint was estimated using the methodology proposed by Hoekstra, in which the water footprints of the ingredients of the feed consumed are added to the total volume of water that the animal drank during its life.

Results: The estimated water footprint for beef in this research was 2,972.4 liters per kg, including the blue and green water footprint.

Study Limitations/Implications: The calculation of the gray water footprint is not included, although it is an indicator of the specific zone.

Findings/Conclusions: There is a difference between the water footprint obtained in this study and the footprint reported in the references, perhaps as a result, among other reasons, of the differences in diet and breed of the animals studied.

Keywords: beef, intensive production, European cattle, water footprint.

Citation: Trujillo-Nava, A., Valdivia-Alcalá, R., Hernández-Ortiz, J., & López-Santiago, M. A. (2023). Estimation of the water footprint in the production of beef from European cattle in Mexico. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i7.2453>

Academic Editors: Jorge Cadena Iñiguez and Lucero del Mar Ruiz Posadas

Received: May 18, 2023.
Accepted: June 21, 2023.
Published on-line: September 25, 2023.

Agro Productividad, 16(8). August. 2023. pp: 93-98.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license.



INTRODUCTION

The production and consumption of beef in the world has increased in recent years (FAO, 2021), as well as the concern of consumers about the deterioration of the environment and water resources.

Mexico is the 6th producer of beef worldwide, with the states of Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, and Sinaloa as the main producers (SIAP, 2020). According to



SEMARNAT (2018), agriculture and livestock account for 76% of the consumptive use of water in Mexico.

There is concern about climate change and its effects—including the increase in temperature, changes in the climate, and floods—which have consequences for future generations, as well as potential health impacts (Oltra et al., 2009). This situation has motivated researchers to identify indicators that monitor the effect of human activities on natural resources and the environment.

In this context, indicators of environmental impact and of the use of natural resources have been developed for the production of meat products. One of these is the water footprint (WF). WF is defined as an “indicator that shows the human appropriation of water resources. It refers to the total volume of fresh water used to produce something, whether it was incorporated into the product, evapotranspired by a crop, returned to another basin, or used by a body of water to assimilate the pollutant load” (Vázquez del Mercado and Lambarri, 2017). There are three types of WF: blue, green, and gray.

The water footprint has been estimated for several products, including: forage crops and their productive efficiency (Ríos et al., 2015); the production of sugarcane cultivation (Cossio et al., 2019; Garay et al., 2022); bovine milk in Mexico (Flores et al., 2017; Navarrete et al., 2019); onion and tomato under irrigation conditions (Peñaloza et al., 2020); the slaughter of already fattened cattle (Zambrano et al., 2018); and various products of animal origin produced in different parts of the world (Esquivel and Salgado, 2020; Gerbens et al., 2013).

Hanemann (2006) points out that water has an economic value, which may or may not be equal to its price; therefore, determining the water footprint is an useful way to know how much water is used in a production process. With that purpose in mind, the water footprint of beef from Charolais cattle subject to stable production and an established diet was determined.

MATERIALS AND METHODS

The state of Querétaro, Mexico, is the eighth largest beef producer nationwide. It produces 34,426.27 tons of beef with a production value of \$2,503,438 pesos. The state has 18 municipalities, out of which the main producers are Ezequiel Montes, Querétaro, and San Juan del Rio (SIAP, 2022). This research used data from the municipality of Ezequiel Montes, given its importance for livestock production. This municipality is part of the Administrative Hydrological Region (RHA) IX Golfo Norte (Municipality of Ezequiel Montes, 2020). This region has medium water stress, an average rainfall of 855.3 mm per year, and excellent water quality overall (SEMARNAT, 2018).

An intensive beef production system was the subject of this study. The young bulls are placed in a confined area until they reach an optimum market weight; with this purpose in mind, they are provided a diet designed for weight gain (Callejas et al., 2017). The breed chosen for the study was Charolais, which has the best productive behavior in relation to daily weight gains (Parra et al., 2011; Bautista et al., 2019).

The beef production and cattle fattening data were obtained from SIAP (2022); meanwhile, the forage ingredients and water consumption data were taken from information

for Mexico and are assumed to be homogeneous for the entire region (Rios et al., 2015). The methodology applied to determine the WF of cattle in fattening was proposed by Mekonnen and Hoekstra (2012) and modified for this study.

First, the expression of the final product (FP) per animal is calculated as follows:

$$FP = \frac{P}{Pop}$$

Where P is the total annual production of beef in the state (kg/year) and Pop is the total population of cattle in the state.

Feed conversion efficiencies (FCE) are then estimated:

$$FCE = \frac{FC}{FP}$$

Where FC is the feed consumption per head (kg of dry mass/year/animal) and FP is the final product produced per head (kg of product/year/animal).

Then the total amount of feed consumed (Feed) is calculated:

$$Feed[n] = FCE \times P$$

Where Feed is the total amount of feed consumed (ton/year) in the state, FCE is the feed conversion efficiency (kg of dry mass of feed/kg of product), and P the total amount of beef product (ton/year) in the state.

Subsequently, the WF of the feed consumed is determined with the following formula:

$$WF_{feed} = \frac{\sum_{p=1}^n (Feed[n] \times WF_{prod})}{Pop}$$

Where feed represents the annual amount of feed ingredient [n] consumed (ton/year), WF [n] is the WF of feed ingredient [n] (m³/ton), and Pop is the number of animals slaughtered per year in the state.

The WF of an animal is expressed as proposed by Mekonnen and Hoekstra (2012):

$$WF = WF_{feed} + WF_{water} + WF_{serv}$$

Where WF_{feed} is the water footprint of the feed consumed, WF_{water} is the total water that the animal drank during its life, and WF_{serv} is the water used in the farm service and corresponds to the gray water footprint (which was not considered for this study). The water footprint of an animal and its three components can be expressed in terms of m³/

year/animal. When they are added over the lifespan of the animal, they are expressed as m³ animal⁻¹.

RESULTS AND DISCUSSION

During the 120-days fattening period, the animals are constantly offered a sufficient volume of fresh and clean water. The volume that animals drink depends on the temperature, the environment, their body weight, and the dry matter content of the feed (NRC, 1996). The average temperature in the municipality of Ezequiel Montes was 16.7 °C. Meanwhile, the average weight gains for each period were the following: 316.8 kg at reception; 352.5 kg at the beginning, and 445.5 kg at finishing.

The average daily consumption per head of cattle in fattening was 38.9 L. Additionally, the total water consumed per head of cattle (4,664.4 L) was determined for the total days of fattening.

One feed formula was considered for each stage of fattening. All three formulas had the same ingredients and variation in the amounts administered. The amount of feed consumed by cattle in fattening depends on the weight of the animal and its weight gain. Table 1 shows the feed consumptions calculated considering the average weights and average weight gains.

The animals consume the calculated kilograms of feed per day, plus the barley straw that is added directly to the feeder every day. Table 2 shows the total feed consumption per period; these data were used to calculate the amount of ingredients consumed in each period, taking into account the formula used in each one.

The total feed consumption for each period and the quantities of ingredients that make up the formulas were used to calculate the total consumption of ingredients for each fattening period (Table 2). During the entire fattening period, 88,460.6 t of feed were consumed, plus 9,492.1 t of barley straw, giving a grand total of 97,952.7 t of feed for the total number of heads of cattle. The water footprint was determined for the following ingredients used in the formulation: corn silage (forage corn), corn stubble (corn for grain and stubble), sorghum (sorghum for grain and stubble), soybean (soybean for grain), alfalfa hay (alfalfa for fodder), and barley straw (barley for grain and straw). Table 3 shows the results obtained in this research. The water footprint of the beef is 2,972.4 L kg⁻¹.

Mekonnen and Hoekstra (2012) report that the global average of WF for beef in extensive, mixed, and intensive production systems is 15,400 L kg⁻¹, while the global

Table 1. Information on weight and food consumption

Periods	Average weight (kg)	Average daily gain (kg)	Consumption of dry food per day (kg)	Dry matter (%)	Food/day (kg)
Receive 316.8		1.	7.81	73.1	10.682
Start 352.5		6	8	9	9.889
Ending 445.5		1.	7.77	78.6	11.308

Source: Table developed by the authors.

8	3	1
1.	9.18	81.2
9	2	

Table 2. Food consumption by period and total. Source: self made.

Fattening periods	Duration of the period (days)	Feed consumption/day/head (kg)	Feed consumption per period and total (t)
Receive	21	10.682	15,101.4
Start	21	9.889	0
Ending	78	11.308	13,980.3
Total			0
			59,378.8

Table 3. Water footprint per kg of Charolais breed beef. Source: self made.

Total weight gain per head (kg)	Average daily gain (kg)	Total feed intake per head (kg)	Feed conversion (kg)	Feed conversion Carcass weight per head (kg)	Live weight (kg)	Carcass yield Meat (%)	Water Footprint (L kg ⁻¹)
220	1.833	1455.31	6.615	322.4	520	62	2,972.4

average in intensive production systems is 10,244 L kg⁻¹. For their part, Esquivel and Salgado (2020) determined that the average WF for production in an intensive system in the United States is 4,552 L kg⁻¹; this result is closer to that obtained in this research. For references purposes, in the Comarca Lagunera region of Mexico, the WF is 13,570 L kg⁻¹ (Navarrete et al., 2019).

The WF has a geographical and temporal component, which, in the case of beef production, is closely related to the diet. A better diet, a better choice of fattening breed with more productive efficiency, and the climate affect the magnitude of WF. A lower WF allows allocating water for other uses. Taking into account that the economic value of water is generally represented as monetary units, an efficient use of water increases overall productivity (Garay et al., 2022).

CONCLUSIONS

This research contributes to understanding the issue of water footprint in production of beef. The volume of water necessary to produce one kilogram of beef was estimated and it matches the estimate of the blue and green WF. The gray water footprint must be incorporated into the analysis. This fact explains the lower magnitude of the WF with respect to that obtained for stabled cattle in the United States. The context of each research must also be incorporated in the analysis, including the following and other differences: the conditions of the study area, feed cultivation practices, difference in diets, weight gain, feed consumption, and animal carcass yield.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank CONAHcyT for the scholarship granted to the first author. Additionally, they would like to thank Sc.D. Vicente Trujillo Figueroa for his support in the technical aspects of the research.

REFERENCES

- FAO. (2021). Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets. Food Outlook, November 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb7491en>
- SIAP. (2020). Panorama Agroalimentario 2020. México.
- SEMARNAT. (2018). Estadísticas del agua en México, Edición 2018. Recuperado el 14 de octubre de 2022 en https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf
- Oltra, C.; Solà, R.; Sala, R.; López, A. P.; & Gamero, N. (2009). Cambio climático: percepciones y discursos públicos. *Prisma Social: revista de investigación social*, (2), 10.
- Vázquez del Mercado, R., & Lambarri, J. (2017). Huella hídrica en México: análisis y perspectivas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México. 255 pp.
- Ríos, J. L., Torres, M., Castro, R., Torres, M. A., & Ruiz, J. (2015). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 47(1), 93-107.
- Cossio, L. C. G., Aros, L. H., Artunduaga, H. M. O., & Moreno, A. C. (2019). Análisis del impacto ambiental y contable de la huella hídrica en México: estudio de caso del sector azucarero. *Revista Eniac Pesquisa*, 8(2), 200-221.
- Garay, Á. S., Valdivia, R., Hernández, J., & Sandoval, F. (2022). Estimación de la huella hídrica de la producción de caña de azúcar para los ingenios de la cuenca del Papaloapan. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(1), 103-113.
- Flores, J. L. R., Molina, M. C. N., & Torres, J. R. (2017) La huella hídrica física del litro de leche bovina en el norte de México. *Avances en Medicina Veterinaria*, 24 – 40.
- Navarrete, C., Meza, C. A., Ramírez, J. J., Herrera, M. A., Lopez, N., Lopez, M. A., & Veliz, F. G. (2019). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *animal*, 13(10), 2379-2387.
- Peñaloza, A. M., Bustamante, A., Vargas, S., Jaramillo, J. L., & Quevedo, A. (2020). Huella hídrica de los cultivos de cebolla (*Allium cepa* L.) y tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en la región de Atlixco, Puebla, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 11(5), 1-30.
- Zambrano, M. A., Montenegro, J. P., & Reyes, H. (2018). Estimación de la huella hídrica asociada al proceso de beneficio bovino de la cadena cárnica en los frigoríficos Vijagual y Jongovito (Colombia). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 65(3), 1-17.
- Esquivel, A. & Salgado, M. C. (2020): Huella hídrica de once productos de origen animal de México y Estados Unidos. In: FACTORES CRÍTICOS Y ESTRATÉGICOS EN LA INTERACCIÓN TERRITORIAL DESAFÍOS ACTUALES Y ESCENARIOS FUTUROS. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C. Coeditores, Ciudad de México.
- Gerbens, P. W., Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2013). The water footprint of poultry, pork and beef: A comparative study in different countries and production systems. *Water Resources and Industry*, 1, 25-36.
- Hanemann, W. M. (2006). The economic conception of water. *Water Crisis: myth or reality*, 61, 74-76.
- SIAP (2022). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON – NG). Recuperado el 15 de abril de 2022
- Municipio de Ezequiel Montes. (2020). Gaceta municipal Ezequiel Montes, QRO. Recuperado el 16 de octubre de 2022 en <https://www.ezequielmontes.gob.mx/gaceta/GACETA%209%20ENE-FEB%202020.pdf>
- Callejas, N., Rebollar, S., Ortega, J. A., & Domínguez, 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>
- Parra, G.M., Sifuentes, A.M., Rosa, X. F., & Arellano, W. (2011). Avances y perspectivas de la biotecnología genómica aplicada a la ganadería en México. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3), 1025-1037. Recuperado en 18 de abril de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000300005&lng=es&tlng=es.
- Bautista, Y., Almanza, R. C., Ruiz, M., López, E. A., Torres, M. L. & Anaya, D. M. (2019). Comportamiento productivo de razas de bovinos productores de carne finalizados en corral en un clima semi seco. *Investigaciones científicas y agrotecnológicas para la seguridad alimentaria. INIFAP, Tab. México. Año 1, No. 1, p. 313 – 319*
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3), 401-415.
- National Research Council (NRC). (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle. USA.

4. ARTICULO II

El mercado de la carne bovina en México durante el periodo de 2003-2022.

The beef market in Mexico during the period of 2003-2022.

Resumen

El consumo de carne bovina es esencial para que los mexicanos lleven una dieta saludable, esto debido a que aporta diversos nutrientes como proteínas, calcio, hierro, potasio, vitamina B12 y zinc, entre otros. En cuanto a la importancia de la carne bovina en el mercado mexicano, para el año 2022, se proyectó la producción de 2 millones 176 mil toneladas de carne de bovino y 1 millón 849 mil toneladas de consumo nacional. En la presente investigación se analizó el mercado de la carne bovina en México en el periodo de 2003-2022, mediante un modelo econométrico de ecuaciones simultaneas, estimado por mínimos cuadrados en dos etapas. Los resultados indican que la oferta es inelástica a los precios al productor, y en cuanto a la demanda, el precio de la carne bovina influye de manera inversa, además, se puede apreciar, que el precio de la carne de cerdo, el cual es su sustituto, ha aumentado su nivel de influencia sobre la demanda de carne bovina.

Palabras claves: Carne bovina, modelo econométrico, elasticidad de la oferta, elasticidad de la demanda, economía agrícola.

The beef market in Mexico during the period of 2003-2022.

Abstract

The consumption of beef is essential for Mexicans to have a healthy diet, this is because it provides various nutrients such as proteins, calcium, iron, potassium, vitamin B12 and zinc, among others. Regarding the importance of beef in the Mexican market, by 2022, the production of 2 million 176 thousand tons of beef and 1 million 849 thousand tons of national consumption was projected. In this research, the beef market in Mexico is analyzed in the period 2003-2022, using an econometric model of simultaneous equations, estimated by least

squares in two stages. The results indicate that supply is inelastic to producer prices, and in terms of demand, the own price of beef influences inversely; in addition, it can be seen that the price of pork, which is its substitute, has increased its level of influence on the demand for beef.

Key words: Beef, econometric model, elasticity of supply, elasticity of demand, agricultural economics.

Introducción

A partir del inicio de la pandemia de COVID-19, los mexicanos han estado más preocupados por su salud (1); para cuidar la salud es básico llevar una dieta balanceada; una alimentación deficiente puede llevar a desarrollar diversas enfermedades debido a la falta de nutrientes (2), sin duda, el consumo de carne bovina es esencial para llevar una dieta saludable, esto debido a que aporta diversos nutrientes como proteínas esenciales, calcio, hierro, potasio, vitamina B12 y zinc, entre otros (3; 4).

Debido a la pandemia disminuyeron varias actividades económicas. El comercio mundial se vio gravemente afectado, el turismo en todo el mundo bajó abruptamente, la logística del comercio de China se vio severamente alterada y con esto la demanda de todo tipo de productos se modificó y disminuyó (5); esta época y sus sucesos también afectaron a la industria ganadera, países exportadores de carne como India, Estados Unidos y Australia disminuyeron sus ventas, y los países que aumentaron sus exportaciones lo hicieron por una menor demanda doméstica (6).

En cuanto al mercado mexicano, para el año 2022, se proyectó la producción de 2 millones 176 mil toneladas de carne de bovino y 1 millón 849 mil toneladas de consumo nacional (7);

aunque hubo un aumento de la producción anual, este fue menor de lo esperado, en gran medida debido a la influencia que tuvo la contingencia sanitaria del COVID -19 (8) y a pesar de que el distanciamiento social por la enfermedad se ha relajado, las cadenas de valor del mercado de la carne de res y su funcionamiento no han vuelto por completo a la normalidad (9).

En este sentido, es de importancia conocer el comportamiento del mercado de la carne de ganado bovino en México, y las variables que afectan el mismo. Para lograr esto es posible usar un modelo econométrico. Con este método es posible analizar lo que sucede con la demanda de un producto y las variables que la determinan, p.e el mercado de la tortilla, el de la carne de cerdo, y otros (10); a su vez, es posible conocer los efectos que tiene la apertura comercial de un país sobre productos específicos, como la cebolla, el trigo, la soya o el maíz (11; 12).

En el caso de las carnes, es posible determinar con este método, su demanda, y conocer la magnitud de su respuesta ante cambios en el ingreso de los consumidores, para así tener elementos para clasificarlos con base en su elasticidad ingreso y pronosticar los efectos en la industria de la carne cuando el ingreso registra cambios (13). De la misma manera cuando se conoce la magnitud y el sentido de la reacción del consumo de la demanda de carne de bobino ante cambios en los precios de sustitutos como carne de ave o de cerdo, ayuda a realizar ajustes cuando se conocen cambios en esos bienes relacionados (14). Estos modelos permiten analizar la oferta y demanda para un solo bien, como la carne de ave (15).

Con este método es posible también conocer la influencia de otras variables importantes que influyen en la demanda o en la oferta. En cuanto al mercado de la carne de porcino, se ha determinado que el progreso tecnológico aplicado a la conversión alimenticia es de los

factores que más influye en el crecimiento de la producción, y que los determinantes de la oferta y demanda para este mercado son el precio de la carne de cerdo y el de los bienes sustitutos, como la carne de res, además del ingreso (16; 17; 18).

Respecto al tema de la presente investigación, el mercado de la carne bovina, se ha encontrado que los factores que más influyen en la oferta son el precio al productor, el precio de los alimentos balanceados y de los factores de producción, así como el precio mismo de la carne de res (19; 20); en cuanto a la demanda, los factores que influyen son el precio de la carne bovina, los precios de los bienes sustitutos, los cuales son otras carnes como la de cerdo o el pollo; además del ingreso y el precio de los combustibles (21; 22).

El objetivo del presente trabajo es conocer el efecto que las principales variables determinantes de la oferta y demanda tuvieron en el mercado de la carne de bovino durante el periodo 2003-2021, usando el diseño de un modelo econométrico de ecuaciones simultaneas, estimado mediante mínimos cuadrados en dos etapas.

Materiales y Métodos

Con el fin de analizar el mercado de la carne bovina y su comportamiento, se elaboró un modelo econométrico de ecuaciones simultaneas con datos de 2003 a 2022, de acuerdo con modelos similares (18; 22; 23); se tomaron en cuenta las principales variables económicas que afectan la oferta y demanda de la carne bovina, se utilizó el método de mínimos cuadrados en dos etapas, y el paquete estadístico SAS.

La forma estadística del modelo establece cuatro relaciones funcionales y una identidad, mismas que son:

$$1) OCB = \beta_{11} + \beta_{12}POCB + \beta_{13}POCB4 + \beta_{14}PERB + \beta_{15}PABR + \beta_{16}OCBR + \varepsilon_{17}$$

$$2) DCB = \beta_{21} + \beta_{22}PDCB + \beta_{23}PSDCC + \beta_{24}PNC + \beta_{25}DCBR + \varepsilon_{26}$$

$$3) POCB = \beta_{31} + \beta_{32}PERB + \varepsilon_{33}$$

$$4) PDCB = \beta_{41} + \beta_{42}PERB + \varepsilon_{43}$$

$$5) SCE = I - E = DCB - OCB$$

La primera ecuación, corresponde a la oferta (OCB), que es la cantidad producida de carne de bovino en canal expresada en toneladas, está determinada por el precio real al productor de carne bovina en canal (POCB); dicho precio rezagado 4 meses (POCB4), ya que es el periodo de una engorda y el productor de carne bovina conoce el comportamiento del precio en los periodos anteriores y con esto se crea expectativas del precio esperado (22); el precio real al mayoreo rezagado dos meses (PERB); el precio del alimento balanceado con un periodo de rezago (PABR); y la cantidad ofertada de carne bovina en canal rezagada un periodo (OCBR).

La segunda ecuación, es la demanda de carne bovina (DCB) que está determinada por el precio real al consumidor de carne bovina en canal (PDCB); el precio real al consumidor de carne de cerdo en canal (PSDCC), ya que la carne de cerdo actúa como un bien sustituto; el ingreso, que está compuesto por el presupuesto para consumo nacional real per cápita (PNC), obtenido del ingreso nacional disponible real, menos el ahorro neto real; y la cantidad demandada de carne bovina en canal rezagada un periodo (DCBR).

Además, el precio real al consumidor y el precio real al productor de carne bovina en canal (PDCB, POCB), están determinados por el precio al mayoreo de carne bovina (PERB); se consideró a la oferta de carne bovina como la producción de carne en rastros municipales y Tipo Inspección Federal (TIF), y a la demanda como la producción de carne, más las

importaciones, menos las exportaciones de carne bovina. (poner las siglas que las identifican)

La ecuación número cinco es la correspondiente a la identidad de saldo de comercio exterior (SCE) y esta es la condición de cierre del modelo; está determinada por las importaciones de carne bovina (I) menos las exportaciones de carne bovina (E), a su vez está determinada por la demanda de carne bovina (DCB) menos la oferta de carne bovina (OCB).

Los datos utilizados para la estimación del modelo econométrico se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (24; 25; 26), del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (27; 28; 29; 30; 31), y del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (32).

Resultados

Los resultados obtenidos con la estimación del modelo antes mencionado se presentan en la Tabla 1, para determinar la bondad del modelo se utilizó el coeficiente de determinación (R^2); las cuatro ecuaciones del modelo resultaron con bondad de ajuste aceptable, siendo la ecuación de demanda la que resultó con una mayor R^2 , con un valor de 0.85, esto significa que las variables exógenas dentro de la función explican a las variables endógenas en 85%.

Tabla I - Resultados estadísticos de la forma estructural.

Var. Dep.	Intercepto	Variables exógenas					R^2	Prob>F
OCB		POCB	POCB4	PERB	PABR	OCBR	0.79103	0.0001
	51037156	88880.31	-410598	-23635.5	290.4378	0.412806	(0.78657)	
E.E.	6421566	318785.9	246031.2	49027.91	266.4454	0.060771		
Razón de t	7.95	0.28	-1.67	-0.48	1.09	6.79		
DCB		PDCB	PSDCC	PNC	DCBR		0.85024	0.0001
	1.21E+08	-926877	59574.07	1.37E+00	0.217281		(0.84769)	

E.E.	10928340	96316.07	39349.15	1.26E+00	0.067355
Razón de t	11.03	-9.63	1.51	1.08	3.23
POCB		PERB		0.65562	0.0001
	47.16068	0.913513		(0.65418)	
E.E.	1.57117	0.042916			
Razón de t	30.02	21.29			
PDCB		PERB		0.63464	0.0001
	57.65396	0.875992		(0.63310)	
E.E.	1.577318	0.043084			
Razón de t	36.55	20.33			

Fuente: Elaboración propia con resultados de la investigación.

El análisis económico de los resultados se realizó para la forma estructural y la forma reducida del modelo, la cual se puede apreciar en la Tabla 2; los coeficientes estimados de cada una de las variables y sus signos concuerdan con lo esperado por la teoría económica, a excepción de *POCB4* y *PERB*, ambas variables rezagadas. A continuación, se muestran las estimaciones usando los resultados y las fórmulas propuestas para la oferta y demanda del modelo econométrico.

$$OCB = 51037156 + 88880.31 POCB - 410598 POCB4 - 23635.5 PERB + 290.4378 PABR + 0.412806 OCBR$$

$$DCB = 1.21 - 926877 PDCB + 59574.07 PSDCC + 1.37 PNC + 0.217281 DCBR$$

Tabla 2 - Coeficientes de la forma reducida.

Variables Predeterminadas	Variables endógenas							
	INTERCEPTO	POCB4	PERB	PABR	OCBR	PSDCC	PNC	DCBR
OCB	55228811	-410598	57557.86	290.4378	0.412806	0	0	0
DCB	67076113	0	-811937	0	0	59574.07	1.3676	0.217281
SCE	11847302	410598	-869495	-290.438	-0.41281	59574.07	1.3676	0.217281
POCB	47.16068	0	0.913513	0	0	0	0	0
PDCB	57.65396	0	0.875992	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos de la investigación.

De igual manera, se obtuvieron elasticidades, tanto de la forma estructural como de la forma reducida; de forma general para el periodo de estudio y de manera individual para cada año, como se puede apreciar en la Tabla 3. Las elasticidades permiten conocer cómo se comportan las cantidades demandadas y ofertadas ante cambios en los precios o el ingreso (33), para el presente estudio, éstas resultaron inelásticas, exceptuando la elasticidad precio propia de la demanda.

La elasticidad precio propia de la oferta de la carne de bovino para el promedio general del periodo de estudio resultó inelástica (0.15), esto indica que la cantidad ofertada responde ligeramente a cambios en el precio (33), en este caso el precio real al mayoreo de carne bovina en canal; a su vez, ésta es más inelástica (0.09) para el promedio del año 2003, y menos inelástica (0.25) para los años 2015 y 2016; esto debido a que los productores tardan en reaccionar a los cambios, ya que el ganado tarda un tiempo largo en engordar y salir a la venta (20). La elasticidad de la oferta con respecto al precio de entrada al rastro y el precio del alimento balanceado es inelástica y cercana a cero.

Tabla 3 - Elasticidades de la forma estructural y reducida

Periodo	Oferta				Demanda					Saldo de comercio exterior						
	POCB	POCB4	PERB	PABR	OCBR	PDCB	PSDCC	DCBR	PNC	POCB4	PERB	PABR	OCBR	PSDCC	PNC	DCBR
General	0.15	-0.67	-0.02	0.06	0.41	-1.44	0.07	0.22	0.02	3.60	-3.36	-0.32	-2.22	0.44	1.34E-09	1.38
2003	0.09	-0.45	-0.01	0.03	0.40	-0.82	0.04	0.20	0.01	1.30	-1.46	-0.09	-1.15	0.16	3.73E-10	0.76
2004	0.10	-0.44	-0.01	0.03	0.42	-0.94	0.05	0.22	0.01	1.60	-1.81	-0.11	-1.51	0.24	4.90E-10	1.00
2005	0.12	-0.56	-0.01	0.03	0.42	-1.04	0.05	0.22	0.01	1.62	-1.51	-0.10	-1.23	0.20	4.67E-10	0.86
2006	0.12	-0.53	-0.01	0.03	0.41	-1.02	0.04	0.23	0.01	1.76	-1.33	-0.09	-1.34	0.19	5.60E-10	0.98
2007	0.11	-0.51	-0.01	0.03	0.41	-0.91	0.04	0.20	0.01	1.28	-0.90	-0.09	-1.03	0.15	4.42E-10	0.71
2008	0.10	-0.48	-0.01	0.04	0.41	-0.90	0.05	0.22	0.01	1.19	-0.90	-0.11	-1.02	0.16	4.54E-10	0.76
2009	0.10	-0.47	-0.01	0.05	0.41	-0.99	0.05	0.22	0.00	1.61	-1.04	-0.17	-1.38	0.23	5.43E-11	0.95
2010	0.10	-0.48	-0.01	0.05	0.41	-0.98	0.06	0.22	0.02	1.80	-1.10	-0.19	-1.55	0.27	6.87E-10	1.05
2011	0.10	-0.45	-0.01	0.05	0.41	-1.02	0.06	0.22	0.02	2.17	-1.29	-0.24	-1.94	0.34	9.10E-10	1.26
2012	0.12	-0.52	-0.01	0.06	0.43	-1.29	0.07	0.23	0.02	3.67	-2.66	-0.40	-3.04	0.54	1.52E-09	1.86
2013	0.15	-0.67	-0.01	0.07	0.43	-1.41	0.08	0.22	0.03	3.76	-2.65	-0.37	-2.39	0.50	1.42E-09	1.45
2014	0.18	-0.82	-0.02	0.07	0.44	-1.79	0.09	0.24	0.03	6.28	-4.78	-0.58	-3.36	0.82	2.34E-09	2.04
2015	0.25	-1.11	-0.03	0.09	0.43	-2.48	0.11	0.23	0.04	16.91	-16.10	-1.40	-6.63	1.77	5.86E-09	3.75
2016	0.25	-1.19	-0.03	0.10	0.41	-2.50	0.12	0.22	0.05	21.54	-22.12	-1.81	-7.40	2.34	7.55E-09	4.14
2017	0.23	-1.05	-0.03	0.10	0.41	-2.47	0.10	0.22	0.05	16.57	-17.39	-1.60	-6.44	1.74	6.81E-09	3.62
2018	0.21	-0.99	-0.03	0.09	0.40	-2.52	0.10	0.21	0.05	21.26	-21.48	-2.04	-8.61	2.29	9.12E-09	4.79
2019	0.19	-0.89	-0.03	0.08	0.41	-2.44	0.10	0.22	0.05	-251.59	305.43	23.60	114.88	-27.24	-1.16E-07	-61.11
2020	0.18	-0.81	-0.03	0.08	0.40	-2.36	0.09	0.20	0.05	-13.12	16.30	1.29	6.38	-1.38	-5.83E-09	-3.03
2021	0.18	-0.81	-0.03	0.08	0.41	-2.19	0.10	0.23	0.05	-10.00	12.20	0.93	5.12	-1.17	-4.80E-09	-2.64
2022	0.21	-0.97	-0.03	0.09	0.43	-2.16	0.10	0.22	0.00	0	0	0	0	0	0	0

Fuente:Elaboración propia con resultados obtenidos de la investigación.

Los valores resultantes de la elasticidad precio propia de la oferta son cercanos a los valores obtenidos por diversos autores, como el 0.21 para carne bovina (34), el 0.256 para la carne de cerdo (18) y el 0.1952 para la carne de pollo (15).

La elasticidad precio de la demanda tiene signo acorde con la teoría, y se comporta de manera elástica, esto indica que responde en gran manera a los cambios en el precio (33); exceptuando los periodos de 2003, 2004 y de 2007 al 2010 donde se comporta de manera inelástica; para el promedio general es elástica en -1.44, siendo más elástica para el periodo de 2018 (-2.52); otros estudios determinaron una elasticidad propia de la demanda para la carne de bovino (21) en -1.21. La carne de bovino se comporta como un bien normal de acuerdo con su elasticidad ingreso (33), la cual es de 0.02 para el periodo general de estudio, es decir, ante aumentos en el ingreso de los consumidores, el consumo de carne de bovino también aumentará.

Para otras carnes, diversos estudios determinan la elasticidad de la demanda de la siguiente manera; para la carne de pollo (15), resultó elástica en -1.191; y de manera inelástica para la carne de cerdo, con valores de -0.58, -0.53 y -0.57 (16; 18; 20).

En cuanto a las elasticidades del Saldo de Comercio Exterior, estas se comportan de manera elástica para el periodo general; es de importancia notar que el año 2019 es el primer año dentro del periodo de estudio donde el saldo es negativo, es decir, las exportaciones fueron mayores a las importaciones de carne bovina, por lo que las elasticidades se comportan de diferente manera a partir de este año. Por último, el precio de periodos anteriores de la carne de bovino es la que ejerce mayor influencia en el saldo de comercio exterior, aunque todas las variables tienen influencia en el mismo.

Conclusiones e implicaciones

Los resultados obtenidos de las estimaciones econométricas sugieren que en la oferta de carne bovina el precio al productor influye de manera positiva como lo marca la teoría, y que el precio del alimento balanceado no influye en gran manera en la oferta; en cuanto a la demanda, el precio propio de la carne bovina influye de manera inversa, además, se puede apreciar, que el precio de la carne de cerdo, el cual es su sustituto, ha aumentado su nivel de influencia sobre la demanda de carne bovina. Así mismo, ante cambios en el ingreso del consumidor, el consumo de carne aumenta, es decir se comporta como bien normal.

Agradecimientos y conflicto de intereses

Los autores agradecen a CONAHCyT por la beca otorgada a la primera autora. Además, se agradece al Dr. Federico Augusto Toledo Ruiz por su apoyo en aspectos técnicos de la investigación. No hay conflicto de intereses.

Literatura citada

- (1) CIO. A mexicanos les preocupa más la salud familiar y la estabilidad económica del país que la seguridad de sus datos: estudio Unisys. 2020. <https://cio.com.mx/a-mexicanos-les-preocupa-mas-la-salud-familiar-y-la-estabilidad-economica-del-pais-que-la-seguridad-de-sus-datos-estudio-unisys/>. Consultado 07 Marzo, 2023.
- (2) Cardero RY., Sarmiento GR, Selva CA. (2009). Importancia del consumo de hierro y vitamina C para la prevención de anemia ferropénica. MEDISAN 2009;13(6). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192009000600014&lng=es&tlng=pt. Consultado 06 Marzo, 2023.

- (3) USDA (U.S. Department of Agriculture). FoodData Central Search Results: Beef. 2019. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/746758/nutrients>. Consultado 06 Marzo, 2023.
- (4) Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Carne de bovino, valiosa, saludable y muy sabrosa. 2020. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/carne-de-bovino-valiosa-saludable-y-muy-sabrosa?idiom=es>. Consultado 17 Abril, 2023.
- (5) Bonomelli, G. La pandemia del Coronavirus y su impacto sobre el comercio internacional: Una mirada sobre el mundo y Argentina. 2022.
- (6) Hernández RIK, Merchán ADM, Miranda FJD, Morales LPA, Cala MN. Influencia del COVID-19 en las dinámicas de exportación, producción y consumo de carne vacuna en Colombia y el mundo. *Spei Domus Col* 2022;18(1):1-21.
- (7) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Escenario mensual de productos agrpalimentarios – Carne bovino. 2022. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/744342/Carne_de_bovino_Junio.pdf. Consultado 20 Mayo, 2023.
- (8) Consejo Mexicano de la Carne. 2022. Producción cárnica de México en 2022. <https://comecarne.org/produccion-carnica-de-mexico-en-2022/>. Consultado 20 Mayo, 2023.
- (9) Food and Agriculture Organization. Meat market review. Emerging trends and Outlook. Rome 2022.
- (10) Retes MRF, Torres SG, Garrido RS. Un modelo econométrico de la demanda de tortilla de maíz en México, 1996-2008. *Estudios Soc Méx* 2014;22(43):37-59.
- (11) Ricardo G, Martínez D, Hernando F. Márquez L. Competitividad de la agricultura comercial en el Tolima. *Mundo Econ Emp Col* 2006;(4).

- (12) Martínez SLE. Modelo econométrico para el volumen de producción de maíz en cultivo de riego (1980-2011). *Tiempo Econ*, Méx 2013;23,8.
- (13) Prišenk JI, Grgić M, Janžekovič M, Prezelj V, Bratić J, Turk J. Econometric appraisal of the demand for beef, pork and poultry in Slovenia. *Znanstveno stručni dio Slov* 2016;18(6):424-427.
- (14) Silva, RA. Estimación de la función de demanda de pollo a nivel minorista para la República Argentina. *Expo LEAA*. Buenos Aires, Arg. 2001;11.
- (15) Ramírez GA, García MR, García DG, Matus GJA. Un modelo de ecuaciones simultaneas para el mercado en la carne de pollo en México, 1970-1998. *Agrociencia Méx* 2003;37(1):73-84.
- (16) García MR., del Villar VMF, García SJA, Mora FJS, García SRC. Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. *Interci Ven* 2004;29(8):414-420.
- (17) Díaz CMA, Rodríguez LG. Análisis de la oferta y demanda de la carne de cerdo en canal en México, 1980-2009. *Par Econ Méx* 2010;2(2):41-57.
- (18) Rebollar RA, Gómez TG, Hernández MJ, Rebollar RS, Gonzáles RFJ. Comportamiento de la oferta y demanda regional de la oferta y demanda regional de carne de cerdo en canal en México, 1994-2012. *Rev Mex Cien Pec Méx* 2014;5(4):377-392.
- (19) Cruz JJ, García SRC. El mercado de la carne de bovino en México, 1970-2011. *Est Soc Méx* 2014;22(43):87-110.
- (20) Benítez RG, García MR, Mora FJS, García SJA. Determinación de los factores que afectan el mercado de carne bovina en México. *Agrociencia Méx* 2010;44(1):109-119.

- (21) Solano PT, Solórzano TJ, Paniagua MJ. (2021). Modelación del mercado de carne de res en Costa Rica: Una aproximación preliminar básica. *e-Agron Cos Ric* 2021;7(1):4-20.
- (22) Castro SMA, García MR, Parra IF, Portillo VM, Márquez SI, García SRC. El mercado de la carne de bovino en México, considerados los factores externos. *Agri Soc Des, Méx* 2019;16(1):85-103.
- (23) García MR, García DG, Valdivia AR, Guzmán SE. El mercado de la carne de porcino en canal en México 1960-2000. Primera edición. México. Colegio de Postgraduados. 2002.
- (24) INEGI. 2023. “Producción de carne bovina en rastros municipales y Tipo Inspección Federal.” Banco de información estadística. <https://sinegi.page.link/xBzf> Consultado 29 Mayo, 2023.
- (25) INEGI. 2023. “Presupuesto para consumo nacional.” https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/default.aspx?pr=1&vr=13&in=13&tp=20&wr=1&cno=2&idrt=&opc=_ Consultado 29 Mayo, 2023.
- (26) INEGI. 2023. “Ahorro Neto.” <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?tm=0&t=1040015000050010#D1040015000050010#D510105#D510106#D510104#D500383> Consultado 30 Mayo, 2023.
- (27) SNIIM. (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). 2023. “Precio al mayoreo de carne bovina – Precio de salida del rastro.” Mercados Nacionales Pecuarios. http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=/SNIIM-Pecuarios-Nacionales/e_MenPec.asp?var=Bov Consultado 29 Mayo, 2023.

- (28) SNIIM. (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). 2023. “Precio de entrada a rastro del bovino – Precio del ganado en pie.” Mercados Nacionales Pecuarios. http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=/SNIIM-Pecuarios-Nacionales/e_MenPec.asp?var=Bov_Consultado 30 Mayo, 2023.
- (29) SNIIM. (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). 2023. Precio (tonelada / saco) del alimento balanceado para bovino.” Mercados Nacionales Pecuarios. <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=/SNIIM-Pecuarios-Nacionales/SelAli.asp> Consultado 30 Mayo, 2023.
- (30) SNIIM. (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). 2023. “Precio al consumidor de carne bovina.” Mercados Nacionales Pecuarios. http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=/SNIIM-Pecuarios-Nacionales/e_MenPec.asp?var=Bov_Consultado 29 Mayo, 2023.
- (31) SNIIM. (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). 2023. “Precio al consumidor de carne de cerdo – Cortes salidos de obrador.” Mercados Nacionales Pecuarios. <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=/SNIIM-Pecuarios-Nacionales/MenPec.asp?var=Por> Consultado 29 Mayo, 2023.
- (32) SIAVI. 2023. “Importaciones y Exportaciones de carne bovina.” <http://www.economia-snci.gob.mx/> Consultado 02 Junio, 2023.
- (33) Mankiw NG. Principios de economía. Sexta edición. Harvard University. 2007.
- (34) Márquez SI, García MR, García DG, Mora FJS, López LE. El efecto de las importaciones de carne bovina en el mercado interno mexicano, 1991-2001. *Agrociencia Méx* 2004, 38(1), 121-130.

5. CONCLUSIONES

La presente investigación se desarrolló de manera exitosa al obtener datos de la huella hídrica de la producción de carne bovina de engorda tradicional, a su vez, se obtuvieron datos sobre el mercado de la carne bovina en México, con esto se logra abordar dos temas de importancia en el sector pecuario, la producción y la comercialización de la carne bovina.

La investigación aporta al conocimiento del tema de huella hídrica, en específico en nuestra región, es decir, México; y en el tema de producción pecuaria. La producción de un kilo de carne, necesita una cantidad específica de agua para llevarse a cabo, la cual asciende a 2,972.4 l/kg, y que corresponde a la estimación de la HH azul y verde; esto permite demostrar que al hacer uso de ingredientes forrajeros eficientes en consumo de agua para la dieta de los animales, esto se transmite en menor agua utilizada al final de la engorda bovina; además de otras posibles recomendaciones, como la engorda de animales de ciertas razas que resulten mejores en la conversión alimenticia.

Esto debido a que la HH obtenida en la presente investigación es menor a la resultante en la literatura, por lo cual es de importancia considerar el contexto de cada investigación, por ejemplo, las condiciones del área de estudio, prácticas de cultivo del alimento, diferencia en las dietas, ganancia de peso, consumo de alimento, y rendimiento en canal del animal entre otras diferencias.

En cuanto a los resultados obtenidos de las estimaciones econométricas, estas sugieren que en la oferta de carne bovina, el precio al productor es de los factores que influyen de manera positiva, esto como lo marca la teoría, y que el precio del

alimento balanceado no influye en gran manera en la oferta; en el caso de la demanda, el precio propio de la carne bovina influye de manera inversa, además, se puede apreciar, que el precio de la carne de cerdo, el cual es su sustituto, ha aumentado su nivel de influencia sobre la demanda de carne bovina. Así mismo, ante cambios en el ingreso del consumidor, el consumo de carne aumenta, es decir se comporta como bien normal.

Todo esto permite conocer de mejor manera el ámbito pecuario, en específico, desde una perspectiva económica, y abre la puerta a futuras investigaciones que permitan profundizar en esta temática.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bautista, M. Á., Bonales, J., & Val, D. (2020). Dinámicas en la cadena de bovinos productores de carne mexicana en el siglo XXI.

Benítez, J. G., García, R., Mora, J. S., & García, J. A. (2010). Determinación de los factores que afectan el mercado de carne bovina en México. *Agrociencia*, 44(1), 109-119.

Bonomelli, G. (2020). La pandemia del Coronavirus y su impacto sobre el comercio internacional: Una mirada sobre el mundo y Argentina.

Calderón, J., Nahed, J., Sánchez, B., Herrera, O., Aguilar, R., & Parra, M. (2012). Estructura y función de la cadena productiva de carne de bovino en la ganadería ejidal de Tecpatán, Chiapas, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 16(2), 45-62.

Callejas, N., Aranda, H., Rebollar, S., & de la Fuente, M. L. (2014). Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de Chihuahua, México. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 133-139.

Callejas, N., Rebollar, S., Ortega, J. A., & Domínguez, J. (2017). Parámetros bioeconómicos 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>

Cardero Reyes, Yusimy, Sarmiento González, Rodolfo, & Selva Capdesuñer, Ana. (2009). Importancia del consumo de hierro y vitamina C para la prevención de anemia ferropénica. *MEDISAN*, 13(6) Recuperado en 06 de marzo de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192009000600014&lng=es&tlng=pt.

Carrera, B., & Bustamante, T. I. (2013). ¿Es la ganadería bovina de carne una actividad competitiva en México? *Nósis: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 22(43), 18-41.

Castro, M. A., García, R., Parra, F., Portillo, M., Márquez, I., & García, R. C. (2019). El mercado de la carne de bovino en México, considerados los factores externos. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 16(1), 85-103.

CIO. 2020. A mexicanos les preocupa más la salud familiar y la estabilidad económica del país que la seguridad de sus datos: estudio Unisys. Recuperado el 07 de marzo de 2023 en <https://cio.com.mx/a-mexicanos-les-preocupa-mas-la-salud-familiar-y-la-estabilidad-economica-del-pais-que-la-seguridad-de-sus-datos-estudio-unisys/>

Cruz Jiménez, J., & García Sánchez, R. C. (2014). El mercado de la carne de bovino en México, 1970-2011. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 22(43), 87-110.

Esquivel, A. & Salgado, M. C. (2020): Huella hídrica de once productos de origen animal de México y Estados Unidos. In: FACTORES CRÍTICOS Y ESTRATÉGICOS EN LA INTERACCIÓN TERRITORIAL DESAFÍOS ACTUALES Y ESCENARIOS FUTUROS. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, Ciudad de México.

FAO. 2022. Meat market review. Emerging trends and Outlook. 2022. Rome

Gallego, L. C., Hernández, L., Orjuela, H. M. & Carrillo, A. (2019). Análisis del impacto ambiental y contable de la huella hídrica en México: estudio de caso del sector azucarero. *Revista ENIAC Pesquisa*, 8(2), 200-221.

Gamboa, J. V., Magaña, M. A., Rejón, M., & Martínez, V. P. (2005). Eficiencia económica de los sistemas de producción de carne bovina en el municipio de Tizimín, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 5(2), 79-84.

Garay, Á. S., Valdivia, R., Hernández, J., & Sandoval, F. (2022). Estimación de la huella hídrica de la producción de caña de azúcar para los ingenios de la cuenca del Papaloapan. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(1), 103-113.

García, J. M. P. (2014). Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(1), 53-62.

García, R., del Villar, M. F., García, J. A., Mora, J. S. & García, R. C. (2004). Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. *Interciencia*, 29 (8), 414-420.

Hernández, I. K., Merchán, D. M., Miranda, J. D., Morales, P. A. & Cala, N. (2022). Influencia del COVID-19 en las dinámicas de exportación, producción y consumo de carne vacuna en Colombia y el mundo: Una revisión monográfica. *Spei Domus*, 18(1), 1-21.

Hernández, J., Rebollar, A., Mondragón, J., Guzmán, E., & Rebollar, S. (2016). Costos y competitividad en la producción de bovinos carne en corral en el sur del Estado de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (69), 13-20.

Hernández, J., Rebollar, S., González, F. D. J., Guzmán, E., Albarrán, B., & García, A. (2011). La cadena productiva de ganado bovino en el sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29, 672-680.

Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water: An introduction. *Virtual water trade*, 13, 108.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Routledge.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Producto interno bruto a precios corrientes. Recuperado el 09 de mayo de 2023 en https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/notasinformativas/2020/pib_pre_cr/pib_preocr2020_05.pdf

Licea, G. R., & Carreño, M. Á. D. (2010). Análisis de la oferta y demanda de la carne de cerdo en canal en México, 1980-2009. Paradigma económico. *Revista de economía regional y sectorial*, 2(2), 41-57.

Magaña, M. A., Leyva, C. E., Alonzo, J. F., & Leyva, C. G. (2020). Indicadores de competitividad de la carne bovina de México en el mercado mundial. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(3), 669-685. Epub 05 de febrero de 2021. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5798>

Martínez, L. E. (2013). Modelo econométrico para el volumen de producción de maíz en cultivo de riego (1980-2011). *Tiempo económico*, núm., 23. Vol. VIII.

Martínez, M. A., Mora, J. S., & Téllez, R. (2015). Precio de ganado en pie y precio de insumos en la producción de carne bovino. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(7), 1689-1694. Recuperado en 29 de abril de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000700021&lng=es&tlng=es.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3), 401-415.

Montaño I. E., Avendaño, B., Ávila, A., & González, D. D. J. (2021). Competitividad y el desequilibrio comercial de México en el mercado mundial de carne de bovino, 1990-2016. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1), 1-19.

Navarrete, C. Meza, C. A., Herrera, M. A., Lopez, N, Lopez, A. & Veliz, F. G. (2019). To beef or not to beef. Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid región. *Journal of cleaner production*.

Navarrete, C., Meza, C. A., Ramirez, J. J., Herrera, M. A., Lopez, N., Lopez, M. A., & Veliz, F. G. (2019). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *animal*, 13(10), 2379-2387.

Oltra, C.; Solà, R.; Sala, R.; López, A. P.; & Gamero, N. (2009). Cambio climático: percepciones y discursos públicos. *Prisma Social: revista de investigación social*, (2), 10.

Parra, R. I., & Magaña, M. Á. (2019). Características técnico-económicas de los sistemas de producción bovina basados en razas criollas introducidas en México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(18), 535-547.

Peñaloza, A. M., Bustamante, A., Vargas, S., Jaramillo, J. L., & Quevedo, A. (2020). Huella hídrica de los cultivos de cebolla (*Allium cepa* L.) y tomate de cáscara

(*Physalis ixocarpa* Brot.) en la región de Atlixco, Puebla, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 11(5), 1-30.

Pereira, T. S., Thompson, J. S., & Molina, J. P. (2021). Modelación del mercado de carne de res en Costa Rica: Una aproximación preliminar básica. *e-Agronegocios*, 7(1), 4-20.

Prišenk, J., Grgić, M., Janžekovič, M., Prezelj, V., Bratić, J., & Turk, J. (2016). Econometric appraisal of the demand for beef, pork and poultry in Slovenia. *Znanstveno stručni dio*, 18(6), 424-427.

Ramírez, A., García, R., García, G. & Matus, J. A. (2003). Un modelo de ecuaciones simultaneas para el mercado en la carne de pollo en México, 1970-1998. *Agrociencia*, 37 (1), 73-84.

Rebollar, A., Gómez, G., Hernández, J., Rebollar, S. & Gonzáles, F. (2014). Comportamiento de la oferta y demanda regional de la oferta y demanda regional de carne de cerdo en canal en México, 1994-2012. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(4), 377-392.

Rebollar, A., Hernández, J., Rebollar, S., Guzmán, E., García, A., & González, F. (2011). Competitividad y rentabilidad de bovinos en corral en el sur del Estado de México. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 691-698.

Retes, R. F., Torres, G. & Garrido, S. (2014). Un modelo econométrico de la demanda de tortilla de maíz en México, 1996-2008. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 22(43), 37, 59.

Ricardo, G., Martínez, D., Hernando, F. & Márquez, L. (2006). Competitividad de la agricultura comercial en el Tolima. *Revista mundo económico y empresarial*, (4).

Ríos Flores, J. L., Torres Moreno, M., Castro Franco, R., Torres Moreno, M. A., & Ruiz Torres, J. (2015). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 47(1), 93-107.

Ríos, J. L., Navarrete, C. & Ruiz, J. (2017) La huella hídrica física del litro de leche bovina en el norte de México. *Avances en Medicina Veterinaria*, 24 – 40.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2020). Carne de bovino, valiosa, saludable y muy sabrosa. Recuperado el 17/04/2023 en <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/carne-de-bovino-valiosa-saludable-y-muy-sabrosa?idiom=es>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2021). Registró máximo histórico producción nacional de carne bovina en 2020: Agricultura. Recuperado el 17/04/2023 en <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/registro-maximo-historico-produccion-nacional-de-carne-bovina-en-2020-agricultura>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). El volumen de producción de carne de bovino en México presenta sus niveles más altos entre octubre y diciembre. Recuperado el 29/04/23 en <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-volumen-de-produccion-de-carne-de-bovino-en-mexico-presenta-sus-niveles-mas-altos-entre-octubre-y-diciembre#:~:text=Existen%20aproximadamente%2030%20razas%20utilizadas,Brangus%2C%20Angus%2C%20entre%20otras>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Comportamiento del PIB Agroalimentario al segundo trimestre de 2022 (2021: II – 2022: II). Dirección de análisis estratégico. Recuperado el 18/04/23 en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/756939/Analisis_PIB_2do_trim2022.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Empleo en el sector agropecuario y pesquero. Recuperado el 18/04/23 en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/729352/An_lisis_de_Empleo_en_Actividades_agropecuarias_y_pesqueras_1_Trim_2022.pdf

Silva, A. (2001). Estimación de la función de demanda de pollo a nivel minorista para la República Argentina. Expo LEAA. Licenciatura en Economía y

Administración Agrarias. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Págs, 11.

Sosa, M. E., Martínez, F. E., Espinosa, J. A., & Buendía, G. (2017). Contribución del sector pecuario a la economía mexicana. Un análisis desde la Matriz Insumo Producto. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(1), 31-41.

Téllez, R., Mora, J. S., Martínez, M. Á., García, R., & García, J. A. (2012). Caracterización del consumidor de carne Bovina en la zona metropolitana del Valle de México. *Agrociencia*, 46(1), 75-86.

USDA (U.S. Department of Agriculture), 2019, FoodData Central Search Results: Beef, Recuperado el 06 de marzo de 2023 en <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/746758/nutrients>

Vargas, I. E., Portillo, M., De la Sancha, E., Vargas, M. A. & Cruz, J. A. (2019). Huella ecológica, huella hídrica y voracidad de la ganadería bovina industrial vs sistemas agroecológicos en América Latina. Global Forest Coalition.

Vargas, M. Á., Muñoz, M., & López, Q. (2015). Modelos De Negocio De Dos Lideres Latinos En Carne Bovina (Business Models of Two Leading Latino in Beef). *Revista Global de Negocios*, 3(1), 69-82.

Vázquez del Mercado, R., & Lambarri, J. (2017). Huella hídrica en México: análisis y perspectivas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México. 255 pp.

Vázquez, R., & Buenfil, M. O. (2012). Huella Hídrica de América Latina: retos y oportunidades. *Aqua-LAC*, 4(1), 41-48.

Vilaboa, J., Díaz, P., Ruiz, O., Platas, D., González, S., & Juárez, F. (2009). Patrones de consumo de carne bovina en la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 6(2), 145-159.

Zambrano, M. A., Montenegro, J. P., & Reyes, H. (2018). Estimación de la huella hídrica asociada al proceso de beneficio bovino de la cadena cárnica en los frigoríficos Vijagual y Jongovito (Colombia). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 65(3), 1-17.

Zorrilla, J. M., & Palma, J. M. (2010). La cadena alimentaria" carne de bovino" en México: factores a considerar en la integración de los eslabones criador y finalizador. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 14(2), 3-28.