



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC
LICENCIATURA EN CONTADURÍA**

TESIS

**EFFECTOS ECONÓMICOS DE UN ARANCEL
AD VALOREM A IMPORTACIONES DE
CARNE BOVINA EN MÉXICO**

PRESENTA

HURÁÍ ESPINOZA ESPINOZA

ASESOR

DR. en C. SAMUEL REBOLLAR REBOLLAR

TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO, ABRIL DE 2026

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 General	3
2.2 Específicos	3
III. HIPOTESIS	4
3.1 General	4
3.2 Objetivos específicos	4
IV. EL PROBLEMA	5
V. JUSTIFICACIÓN	6
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	7
6.1 Aplicación empírica del modelo	9
6.2 Disponibilidad de información secundaria	13
VII. REVISIÓN DE LITERATURA	15
7.1 Marco Teórico	15
7.2 Teoría del comercio internacional	16
VIII. MARCO CONCEPTUAL	16
IX. MARCO REFERENCIAL	17
X. MARCO CONTEXTUAL	18
XI. MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL Y NO LINEAL	20
XII. SOBRE LA PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA	22
XIII. SITUACIÓN DE LOS BOVINOS CARNE	24
13.1 Producción Mundial	24

13.2 Exportaciones mundiales	25
13.3 Importaciones mundiales	25
13.4 Consumo mundial	26
13.5 Consumo mundial per cápita	27
13.6 Situación de los bovinos carne en México	28
13.6.1 Producción nacional	28
13.6.2 Exportaciones de carne bovina	29
13.6.3 Importaciones de carne bovina	29
13.6.4 Consumo nacional per cápita	30
XIV. RESULTADOS	31
Producción, importaciones y consumo óptimo	32
Análisis de la distribución óptima o flujos comerciales óptimos de carne bovina en México	35
Precios óptimos al productor y al consumidor	37
Efectos del arancel de 25% sobre el mercado del cárnico bovino en México	39
CONCLUSIONES	42
BLIBLIOGRAFIA	43
ANEXOS	56
Salida del modelo de programación no lineal en el GAMS	56

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MÉXICO. CARNE DE BOVINO EN CANAL, 2023. MODELO BASE U ÓPTIMO.	33
TABLA 2. MÉXICO. RESUMEN DEL MODELO ÓPTIMO EN PRODUCCIÓN, IMPORTACIONES Y CONSUMO DE CARNE BOVINA, 2023.....	34
TABLA 3. MÉXICO. DISTRIBUCIÓN O FLUJO COMERCIAL ÓPTIMO DE LA CARNE BOVINA POR REGIONES, 2023. CIFRAS EN T.	36
TABLA 4. MÉXICO. PRECIOS ÓPTIMOS Y DE MERCADO AL PRODUCTOR Y AL CONSUMIDOR DE CARNE BOVINA. 2023.....	37
TABLA 5. MÉXICO. EFECTOS DEL ARANCEL AD VALOREM DE 25% SOBRE EL MERCADO BOVINO, 2023.	40
TABLA 6. MÉXICO. EFECTO DE UN ARANCEL DE 25% SOBRE PRECIOS AL PRODUCTOR Y AL CONSUMIDOR DE CARNE BOVINA EN MÉXICO, 2023.....	41

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar los efectos económicos de la imposición de un arancel *ad Valorem* del 25% a las importaciones de carne bovina provenientes de Estados Unidos, considerando su impacto en la producción nacional y regional, las importaciones, consumo, precios al consumidor y al productor, así como el bienestar social, medido a través del Valor Social Neto (VSN).

La metodología se basó en información del año 2023 y en la aplicación de un modelo de programación no lineal de equilibrio espacial con precios endógenos, validado mediante elasticidades precio de la oferta y la demanda. Primero se estimó un escenario óptimo sin distorsiones comerciales, lo que permitió establecer una referencia sobre la eficiencia del mercado. Posteriormente se simuló el efecto del arancel con él se van comparar los resultados y evaluar las consecuencias de esta política.

En conclusión, aunque el arancel constituye un mecanismo de protección para los productores nacionales, genera pérdidas de eficiencia en el mercado y afecta de forma adversa a los consumidores, planteando un dilema entre competitividad interna y bienestar social.

Palabras clave: arancel *ad Valorem*, carne bovina, comercio internacional, equilibrio espacial y bienestar social.

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de programación no lineal en la utilización de modelos de equilibrio espacial y precios endógenos, es preciso hacer mención que en esos modelos existen especificaciones matemáticas conocidas como condiciones de optimización restringida Karush-Kuhn-Tucker (KKT), mismas que juegan un papel preponderante (Satoshi, 2021). Se obtienen a partir de la estimación de la función, objetivo a optimizar, ya sea maximización o minimización, al verificar las igualdades de los precios óptimos (al consumidor y al productor del bien en cuestión) que asigna la estimación del modelo de programación con los precios de mercado, calculado de forma manual para ambas variables y, son aplicables al mercado de cualquier producto (Rebollar *et al.*, 2019 a; Rebollar, 2021), tal es el caso de la carne bovina en canal en México.

En México, la producción de carne procedente de los bovinos, sea cual sea el sistema, se acepta como actividad pecuaria importante debido a su participación en la oferta nacional disponible de cárnicos y en la balanza comercial del país. Tal actividad es responsable de los empleos que genera, transmisora de precios de las demás especies pecuarias de interés económico (porcinos y aves) y por considerarse el eje ordenador de la demanda (Rubio *et al.*, 2013; del Moral y Murillo, 2015, Puebla *et al.*, 2018; COMECARNE, 2023).

Con información proveniente del Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE, 2023), en la carne bovina nacional fue la segunda más consumida, después de las aves, pero la primera en valor de la producción y en la que más ingreso monetario se destinó por parte de consumidores. En ese mismo año, cifras oficiales indicaron que México produjo 2,215,000 millones de toneladas (Mt) de carne bovina en canal, equivalente a 172,000 millones de pesos (MDP), en tanto que el valor de las aves y los porcinos, en el mismo año se concibió en 9,431,184 y 1,740,605 MDP (SIAP, 2023). En este ámbito se comercializaron (exportaron) fuera del país 150 mil toneladas (t) de carne bovina y se importaron 200 mil toneladas (COMECARNE,

2023a); así, México fue el sexto productor mundial de carne bovina después de Estados Unidos (USA), Brasil, China, Argentina y Australia, así como el décimo exportador; actividad a la que destino poco más del 7% en la su producción (Puebla *et al.*, 2023; El Economista, 2023).

En México las importaciones de carne bovina representan alrededor del 13% del consumo nacional aparente y se internan, principalmente desde Estados Unidos (COMECARNE 2023), en 2023 tal volumen de 200,000 Mt. Por tanto, sin distorsiones al comercio exterior mexicano de este cárnico, es decir, bajo una economía abierta al exterior, con aranceles a tasa cero, el país ha venido importando volúmenes suficientes para abatir el consumo interno, sin perjudicar producción interna del cárnico y a precios de acuerdo a las condiciones de demanda y oferta.

Sin embargo, en la actualidad, debido al inicio del nuevo gobierno en Estado Unidos bajo el mando del gobernante Donald Trump, a partir del 20 de enero de 2025, se está observando cierta volatilidad en los mercados internacionales por la imposición de una política comercial estadounidense proteccionista en términos de aplicación de aranceles *ad Valorem* a todas sus mercancías importables y con distintas tasas de impuesto, de la cual México no se va a escapar por ser el vecino territorial e importante en el mercado del país del norte (Plascencia López, 2024).

Por lo anterior y en contraparte, México no puede quedarse a la deriva y ya se ha madurado el plan, desde la Presidencia, de responder a Estados Unidos aplicando tasas arancelarias equivalentes a las importaciones mexicanas y es aquí donde realiza lo de la carne bovina.

Así, el objetivo consistirá en analizar los efectos económicos de la aplicación de un arancel *ad Valorem* del 25% por parte de México a las importaciones de carne bovina que se internan desde Estados Unidos sobre las variables producción nacional y regional del cárnico, importaciones, consumo, precios al productor y al

consumidor y sobre la medida de bienestar nacional conocida como Valor Social Neto (VSN), validando un modelo de programación no lineal con información de 2023. La hipótesis supone que con elasticidades precio de la demanda y precio de la oferta regionales inelásticas de la carne bovina en canal de México, el modelo maximiza el Valor Social Neto (VSN) y, en consecuencia, una distribución óptima del mercado del producto superior a la observada; la producción, importaciones y consumo son mayores con relación al año de análisis. Un arancel de 25% a importaciones del cárnico bovino reduce producción y consumo tanto nacional como por regiones, incrementa los precios al productor y al consumidor; los consumidores son los afectados por precios mayores a los del modelo sin la distorsión y reduce el bienestar de la sociedad por efecto de la política del arancel.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar los efectos económicos de la implementación de un arancel *ad valorem* de 25% en importaciones de carne bovina en México, sobre las variables producción, importación, consumo, precios al productor y al consumidor sobre la medida de bienestar social (Valor Social Neto).

2.2 Específicos

1. Obtener el modelo base o modelo óptimo para el mercado de carne bovina en México.
2. Presentar un cuadro comparativo entre la información del año de estudio y la información que arroja el modelo base para verificar si hubo subvaloración o sobrevaloración del Valor Social Neto (VSN).
3. Estimar los efectos del arancel de 25% a importaciones mexicanas de carne bovina en las variables: producción, importaciones, consumo, precios y sobre el valor social neto

4. Presentar un cuadro comparativo entre los precios óptimos dados por el modelo de programación no lineal y los precios con el arancel de 25%.

III. HIPOTESIS

3.1 General

La implementación de un arancel de 25% sobre importaciones de carne bovina en México incrementa la competitividad y rentabilidad de los productores nacionales del cárnico, mientras que perjudica a los consumidores y reduce el bienestar social, medido por el Valor Social Neto (VSN).

3.2 Objetivos específicos

- El modelo base o modelo óptimo maximiza el Valor Social Neto con relación al observado en el año de análisis.
- Un arancel de 25% sobre las importaciones mexicanas de carne bovina beneficia a productores nacionales, perjudica a consumidores y desestimula el nivel de bienestar social a través de la medida de valor conocida como Valor Social Neto.
- Imponer un arancel de 25% a importaciones mexicanas de carne bovina, aumenta los precios al productor, incrementa los precios pagados por el consumidor del cárnico, con relación al modelo óptimo sin la distorsión del gravamen.

IV. EL PROBLEMA

En México la productividad de la carne en ganado bovino tiene una importante influencia en la estabilidad y sostenibilidad, sobre los empleos agrícolas, fluctuaciones de la tasa de mercado. Sin embargo, las dependencias progresivas de bienes externos han levantado desconfianzas en cuanto a la viabilidad del mercado de la industria. En la ganadería y propagación geográfica de la mercancía, no obstante, a través de la implementación, de una tarifa *ad valorem*, la importación de mercancías se convierte en un instrumento económico estratégico para salvaguardar la producción local.

En este estudio se resolverá el efecto de la posible imposición, por parte del gobierno de México, de un arancel *ad valorem* del 25% sobre las importaciones mexicanas de carne bovina procedentes de Estados Unidos como represalia de una política similar por parte de ese país a exportaciones mexicanas, utilizando un modelo de programación no lineal que calcule primero la utilidad neta social o valor social neto (VSN) con el cual se generará el modelo base o modelo óptimo, es decir, sin la distorsión de la política, después se incluirá el impuesto *ad valorem* de 25% y sus efectos sobre la producción, importaciones, consumo, precios al consumidor y precios al productor del cárnico, así como en la utilidad neta social o medida de bienestar social conocida como Valor Social Neto (VSN).

V. JUSTIFICACIÓN

La implementación de un arancel del 25% sobre la importación de carne de bovino en México, como una posible medida de represalia a la imposición de aranceles a exportaciones de México, por parte de Estados Unidos. Plantea una serie de preguntas relevantes sobre su impacto en la economía nacional. En un contexto globalizado, donde la interdependencia de los mercados es una realidad, resulta esencial comprender cómo las medidas afectan a los productores locales como a los consumidores del país en el mercado nacional.

Es fundamental analizar el efecto del arancel *ad valorem* del 25% a importaciones del cárnico y sus efectos sobre el mercado nacional, así como en los precios de ese subproducto pecuario en el bienestar social, y como es que afecta en la capacidad financiera tanto de empresas productoras, en la cadena de valor y finalmente a los consumidores. Se espera, por tanto, que un aumento en los precios puede llevar a una disminución en la demanda, afectando los patrones de consumo y la dieta de la población.

Más allá de su peso económico, el sector bovino tiene un impacto social relevante. Siendo posible que más de un millón de personas dependen directamente de la ganadería bovina, principalmente en estados como Veracruz, Jalisco, Sonora y Chihuahua, que concentran gran parte de la producción. La implementación del arancel podría tener un doble efecto: por un lado, protege a los productores nacionales frente a la competencia externa, y por el otro, encarece el precio de la carne para los consumidores, reduciendo su capacidad de acceso a esta fuente de proteína. Ya que en México la carne de res es un componente cultural y un alimento de gran relevancia.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Con base en Rebollar *et al.* (2019a), Hernández *et al.* (2020) y Rebollar *et al.* (2020b) el modelo de equilibrio espacial con precios endógenos, utilizo ofertas y demandas, funcionalmente, dependientes del precio, conocidas como funciones inversas de demanda y de oferta. La función inversa de la demanda o función de demanda con precios endógenos, quiere decir que fue aquella ecuación en la que el precio fungió como función de la cantidad demandada, para la región i será:

$$P_{di} = P_{di}(Q_{di}) = \alpha_{di} + \beta_{di}Q_{di}; \beta < 0$$

Donde:

P_{di} = precio al consumidor de carne bovina en canal en la región i , en pesos por tonelada (\$/t).

Q_{di} = cantidad demandada de carne bovina en canal en la región i , en toneladas (t).

α = intercepto de la función de la demanda de carne bovina en canal para la región i .

β = pendiente de la función de demanda de carne bovina en canal para la región i .

Para la misma región, la función inversa de la función de oferta de carne bovina en canal fue:

$$P_{si} = P_{si}(Q_{si}) = \alpha_{si} + \beta_{si}Q_{si}$$

Donde:

P_{si} = precio al productor de carne bovina en canal en la región i , en \$/t.

Q_{si} = cantidad ofrecida de carne bovina en canal en la región i , en t.

α = intercepto de la función de oferta de carne bovina en canal en la región i

β = pendiente de la función de la oferta de carne bovina en canal en la región i .

Además, debe cumplirse que:

$$\frac{\partial P_{di}(Q_{di})}{\partial Q_{di}} \leq 0, \text{ para la función inversa de la demanda, y}$$

$$\frac{\partial P_{si}(Q_{si})}{\partial Q_{ds}} \geq 0, \text{ para la función inversa de la oferta.}$$

La función de cuasi bienestar social por zona se estableció como el área entre la curva de demanda menos el área bajo la curva de oferta de carne bovina en canal, dada por:

$$W_i(Q_{si}^*, Q_{di}^*) = \int_0^{Q_{di}^*} P_{di}(Q_{di})dQ_{di} - \int_0^{Q_{si}^*} P_{si}(Q_{si})dQ_{si}$$

Dado que el modelo incluye la incorporación de gastos en transporte, entonces, para las n -regiones del país, la función de cuasi bienestar social (VSN) es:

$$NW = \sum_{i=1}^n W_i(Q_{si}^*, Q_{di}^*) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij}T_{ij}$$

Donde:

C_{ij} = Costo de transporte de carne bovina de la región i a la región j , en \$/t de carne bovina transportada.

T_{ij} = Cantidad transportada de la región i a la región j , en toneladas de carne de carne bovina.

Otros componentes del modelo lo correlacionan con las restricciones de demanda y las restricciones de oferta de carne bovina. Las primeras necesitaron que la suma de la cantidad transportada de carne bovina a la región i sea mayor o igual que la demanda de carne bovina de dicha región. Esto es:

$$Q_{di} \leq \sum_{j=1}^n T_{ij}, \text{ para toda } i.$$

Las restricciones de oferta de carne bovina, requirieron que la suma de la cantidad transportada de esta carne fue de la región i sea menor o igual a la producción total de carne bovina en canal de dicha región:

$$Q_{si} \geq \sum_{j=1}^n T_{ij}, \text{ para toda } i.$$

6.1 Aplicación empírica del modelo

Con relación a la aplicación del modelo, la base metodológica, fue sobre el mercado nacional de carne bovina en canal, caracterizado por la existencia de varias regiones que producen, consumen y comercian un bien definido como homogéneo (que es la carne bovina en canal). Cada región se convirtió en un mercado distinto, separado mediante costos de transporte, subsidios, aranceles, cuotas y otras barreras al comercio; en este escenario, únicamente a través de un arancel *ad valorem* del 25%.

Los costos de transporte se determinaron con relación a unidades físicas y fueron independientes del volumen comercializado. La producción e importaciones de carne bovina en canal, se obtuvieron por estado provenientes del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-nube, 2025), se restó la exportación a la producción de los estados que reportaron el dato y se adicionó la producción de los estados que integraron cada una de las regiones para obtener la producción regional o producción por cada región.

El dato sobre importación de carne bovina, se obtuvo del SIAP-nube (2025) según las fracciones arancelarias y puntos de acceso (aduanas) cuya base de datos, se espera aún siga disponible en el momento de la investigación.

Las funciones de oferta y demanda se calcularon con datos de 2023 (dado que fue la información total disponible en el momento de la investigación) y los costos de transporte, también para el mismo año.

En relación al dato del consumo (demanda) por cada región, primero se consultó la población de cada estado del año 2023 del Consejo Nacional de Población (CONAPO); después, se multiplicó el total de la población estatal por el consumo *per cápita* reportado para la zona tanto por el FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura), el SIAP y por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) y se sumó el consumo de cada uno de los estados que integrarán cada región.

El precio al productor del cárnico bovino por región se obtuvo con el dato de cada estado o entidad que integrará la región, el cual se ponderará con la producción. La ponderación fue de la siguiente manera: una vez que se dispuso del precio medio rural o el precio al productor de esta carne (mismo que se obtuvo del (SIAP-nube, 2025), por entidad federativa, así como el volumen producido (en t) y después que se agruparon los estados por cada región, se procedió a multiplicar el precio por el volumen de cada estado para generar el valor de la producción estatal. Posterior a ello, se sumó el valor de la producción total de esa región y se dividió entre el volumen total de carne producida o reportada de esa región, con lo que se obtuvo el precio ponderado al productor por región.

El precio de la carne importada (de los puntos de internación) provino del SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados) (SNIIM, 2025).

El modelo de programación, se construyó de una función objetivo cuadrática (conocida como pseudocuadrática) (Rebollar-Rebollar & Hernández-Martínez, 2023), que expresa la suma de los excedentes del consumidor y excedentes del productor de las regiones tomadas en cuenta, menos los respectivos costos de transporte, sujeta a un conjunto de restricciones lineales correspondientes a los equilibrios de oferta y demanda regionales de carne bovina en canal:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n \left[\int_0^{Q_{di}^*} P_{di}(Q_{di}) dQ_{di} - \int_0^{Q_{si}^*} P_{si}(Q_{si}) dQ_{si} \right] - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} T_{ij}$$

Sujeto a:

$$Q_{di} - \sum_{j=1}^n T_{ij} \leq 0 \text{ para toda } i$$

$$- Q_{si} + \sum_{j=1}^n T_{ij} \leq 0 \text{ para toda } i, y$$

$Q_{di}, Q_{si}, T_{ij} \geq 0$ para toda i y j (entendidas como condiciones de no negatividad del modelo).

Con base en Bassols (1995: 43), Velázquez *et al.* (2016), Almazán *et al.* (2018) y por Rebollar *et al.* (2019b); el modelo propuesto para México, incluyo ocho regiones consumidoras: Noroeste (NO): Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit; Norte (NR): Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas; Noreste (NE): Nuevo León y Tamaulipas; Centro-Occidente (CO): Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco y Michoacán; Centro-Este (CE): Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala; Sur (SU): Chiapas, Guerrero y Oaxaca; Oriente (OR): Tabasco y Veracruz; Península de Yucatán (PE): Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

Como regiones productoras se consideraron un total de 10 y serán las regiones que se tomarán en cuenta como consumidoras: NO, NR, NE, CO, CE, SU, OR, PE más dos puntos de internación de importaciones de carne bovina, procedentes de Estados Unidos (USA); el punto de internación 1 (PI1) integro las aduanas de Colombia en el estado de Nuevo León; Nuevo Laredo y Reynosa en Tamaulipas y Piedras Negras en el estado de Coahuila. Este primer punto registro el ingreso del 90.1% la carne importada y, el punto de internación 2 (PI2) que fueron las aduanas de Mexicali y Tijuana en Baja California; Nogales y San Luis, Rio Colorado en el estado de Sonora y Ciudad Juárez en el estado de Chihuahua (COMECARNE, 2023b; SENASICA, 2023) Por este punto ingresa el 9.9% de la importación.

La solución, bajo un equilibrio factible, requirió que las funciones de demanda, sean de pendiente negativa y las de oferta, con pendiente positiva. Las condiciones Karush-Kuhn-Tucker o de optimización (Rebollar, 2021), para este problema de optimización se expresarán así:

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{di}} = P_{di} - \lambda_{di} \leq 0, \left(\frac{\partial Z}{\partial Q_{di}} \right) Q_{di} = 0, Q_{di} \geq 0$$

Este conjunto de ecuaciones obligó a que el precio de la demanda de carne bovina de la región i sea igual a su precio sombra (λ_{di}) si la cantidad demandada de carne bovina (en canal) es positiva, y:

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{si}} = P_{si} - \psi_{si} \leq 0, \left(\frac{\partial Z}{\partial Q_{si}} \right) Q_{si} = 0, Q_{si} \geq 0$$

Este conjunto de ecuaciones, implico que el precio de la oferta de carne bovina en la región i sea igual a su precio sombra (ψ_{si}) si la cantidad ofrecida de carne bovina es mayor a cero; además:

$$\frac{\partial Z}{\partial T_{ij}} = -C_{ij} + \lambda_{dj} - \psi_{si} \leq 0, \left(\frac{\partial Z}{\partial T_{ij}} \right) T_{ij} = 0, T_{ij} \geq 0$$

Este conjunto de ecuaciones, establece que el precio de demanda (λ_{di}) en la región i sea igual al promedio de los precios de oferta (ψ_{si}) de carne bovina en la región i y las regiones j más los costos de transporte representados por la variable (T_{ij}), en caso de que la cantidad transportada de carne bovina sea mayor que cero.

La solución óptima a este problema, indico el nivel de oferta (Q_{si}) y el consumo (Q_{di}) de cada región, el comercio entre dos regiones diferentes (T_{ij} donde i es diferente de j) así como dentro de la misma región (T_{ij} donde i es igual a j). El precio de cada región, se encontró en las variables duales del modelo (P_{di} y P_{si}).

La relación que cada región tuvo entre los precios de equilibrio fue: 1) si la región i retiene la demanda de su misma región ($T_{ii} = Q_{di} > 0$), entonces, la diferencia entre el precio al consumidor y precio al productor de carne bovina en canal es el costo de transporte ($P_{di} = C_{ii} + P_{si}$) en la misma región; 2) si la región i envía a la región j ($T_{ij} > 0$) entonces el precio de demanda de la región j es igual que el precio de oferta de la región i más el costo de transporte de la región i ($P_{dj} = C_{ij} + P_{si}$) y, 3) y el precio de demanda de la región j fue igual al precio de oferta de la región j más el costo de transporte en la región j ($P_{dj} = P_{sj} + C_{ji}$).

Si la región j no envía producto a la región i , entonces, el precio de oferta de carne bovina en canal de la región j se espera sea, significativamente, superior al precio de demanda de la región i , por lo que el comercio de la región j a la región i , no es deseable o no se activó en la salida del modelo ($P_{di} < C_{ji} + P_{sj}$).

Los dos estimadores de las funciones de demanda y funciones de oferta fueron el intercepto (α_i) y la pendiente (β_i). Tales estimadores se calcularon con base en las elasticidades, precios y cantidades producidas y demandadas de carne bovina en canal, con la expresión:

$$\varepsilon_{pi} = \left(\frac{\partial Q_i}{\partial P_i} \right) \left(\frac{P_i}{Q_i} \right)$$

Donde, ε_{pi} es la elasticidad precio de la función de oferta o de la función de demanda de la región i .

6.2 Disponibilidad de información secundaria

Para las funciones de oferta y demanda regionales, se utilizó la elasticidad precio propia de la oferta de carne bovina en canal, estimada para México, de forma regional publicada por Puebla *et al.* (2018) y para la demanda regional de carne bovina en canal, las estimadas en Rebollar *et al.* (2020a).

Para los puntos de internación, se consideraron las elasticidades reportadas por Pérez *et al.* (2010:115) y las de Vázquez y Martínez (2015).

La información que alimentó al modelo de programación cuadrática, consistió en obtener, vía fuentes secundarias, datos mensuales/anuales de 2023, sobre consumo, producción, importación y precios tanto al consumidor como al productor de carne bovina, primero por entidad federativa, luego, mediante ponderación, se obtuvo el dato a nivel regional. Los datos de consumo regional, se Ponderaron, según su participación en el total nacional, con información disponible en el SIAP, ASERCA, SADER, SNIIM, CNOG, Secretaría de Economía, Avances de la Producción bovina en México, publicado por el SIAP y con información de ASERCA, entre otras fuentes.

Para los precios al consumidor de carne bovina en canal, se consideró información disponible sobre precios de mercado de carne en canal en los distintos rastros que operan en el país procedente de fuentes oficiales, entre ellas, el SNIIM para el año 2023.

Para los precios al productor de carne bovina en canal, se tomó en cuenta el precio medio rural reportado por el SIAP-SADER, pero ponderado a la carne bovina vendida por el productor y demás fuentes alternas sobre la especie en cuestión y se tomó en cuenta la principal zona productora de referencia según la región.

El precio internacional de la carne bovina, en los puntos de internación 1 y 2, que se consideró para las funciones de oferta del modelo, fue de 4,000 USD/t a un tipo de cambio de 19.0 MX\$/USD (SADER-SIAP, 2023).

Los costos de transporte (\$/t/km) nacional, se obtuvieron de empresas multimodal nacional de transporte terrestre y de aquéllas que ofrecieron, en sus páginas electrónicas, mejores cotizaciones.

Los resultados de la salida del modelo permitieron realizar comparaciones de lo que se observó en el año de estudio (es decir, con los datos estadísticos oficiales reales) y la salida del modelo de programación. La solución al modelo, se obtuvo con el solver MINOS, escrito en el lenguaje de programación GAMS (General Algebraic Modeling System), versión 24.4.2 para Windows 8, Office 2013 y con base en Rosenthal (2008).

VII. REVISIÓN DE LITERATURA

7.1 Marco Teórico

Teoría de equilibrio parcial: analiza el impacto de los aranceles en un mercado específico, sin considerar efectos en otros sectores. Incorporando la interacción de los sectores de importación y exportación para luego considerar los efectos de las políticas en múltiples sectores de la economía (LibreTexts, 2022).

Teoría del bienestar social: evalúa las políticas comerciales que afectan el bienestar de los consumidores y productores (Krugman et al., 2018).

La presente investigación se basa en la teoría de equilibrio parcial que permite analizar los efectos de un arancel específico del 25%, porque es una herramienta teórica utilizada en el mercado que analiza el efecto de un gravamen específico (Gramajo & José Guillermo, 2018), de acuerdo con los autores dicho enfoque analiza la interacción entre la oferta y demanda, por ejemplo, la carne de bovino en México el nivel de precios, la cantidad de consumidores, así como en los productores, este equilibrio teórico cuantifica la pérdida de eficiencia según el contexto, pero todos comparten el objetivo de medir la brecha entre el rendimiento real y óptimo.

Estos modelos son esenciales para identificar áreas de mejora, para optimizar recursos, aumentar la productividad en sistemas físicos, económicos, industriales y

organizacionales. La elección del modelo depende del tipo de sistemas analizado de los factores que incluyen en su eficiencia.

7.2 Teoría del comercio internacional

Desde una perspectiva neoclásica, el comercio internacional permite a los países especializados en la producción de bienes para los cuales tienen una ventaja comparativa, generando beneficios mutuos. Sin embargo, la teoría protectora mantiene que la intervención del gobierno a través de aranceles o barreras no arancelarias puede ser necesaria para abrir fallos de mercado, proteger sectores estratégicos o fomentar la industrialización. En el contexto de un arancel *ad valorem*, esto se entiende como un impuesto proporcional al valor del bien importado. Su efecto es elevar el precio interno del producto externo, beneficiando a la producción nacional en principio, una con posibles costos para el consumidor.

VIII. MARCO CONCEPTUAL

Valor Social Neto: se refiere a la resta de beneficios totales menos costos totales y hace referencia a que se contabilizan efectos ambientales y sociales, además de los económicos (Rebollar *et al.*, 2020).

Modelo base: es una estructura lógica que adopta una base de datos, incluyendo las relaciones y limitaciones, almacenamiento, organizaciones, operaciones, y la manipulación de la información. Es un modelo estimado, sin distorsiones de política, sin manipulación de las variables de interés, al que no se le ha aplicado ningún efecto de política (Rebollar *et al.*, 2020).

Modelo de programación: puede representar matemáticamente el sistema real que se está estudiando, son útiles, para explorar las diferentes alternativas de

actuación y encontrar la decisión que mejor corresponda a nuestros objetivos (Díaz-Fernández *et al.*, 2021).

Arancel *ad valorem*: derechos arancelarios que se determinan mediante una tasa porcentual que se aplica sobre el valor de una mercancía que sale o ingresa al país (Martínez Dueñas, 2022).

Arancel específico: es un impuesto o derecho que se aplica a una determinada cantidad o calidad de bienes o servicios, que se expresa en términos monetarios por unidad de medida por ser gravado sobre un bien o servicio específico en su totalidad de la producción o comercio. En otras palabras, los aranceles específicos se aplican a una parte determinada del comercio o producción, y no a la totalidad de la economía (Martínez Dueñas, 2022).

Economía protegida: es una estrategia que denota un marco económico en el que el gobierno emite estrategias y reglamentos dirigidos a fortalecer los sectores productivos nacionales frente a la competencia externa (Taibo, 2015).

IX. MARCO REFERENCIAL

Algunos estudios que apoyan a este trabajo de investigación destacan los que (Vitoriano & Ramos, 2023) comenzaron a utilizar la programación matemática, para resolver problemas de equilibrio espacial de mercados. Mediante el estudio de mercados separados espacialmente, formularon el problema al maximizar el área bajo las curvas de las demandas totales menos el área bajo las curvas de oferta y obtuvo una evaluación del bienestar social, conocida como Valor Social Neto (VSN).

Por su parte, Takayama y Judge (1964) ampliaron el modelo de equilibrio espacial de Enke y Samuelson e incorporaron la estructura del modelo de transporte con funciones de demanda y oferta implícitas, con el propósito de permitir la determinación de precios y cantidades comercializadas de manera endógena.

El modelo de equilibrio espacial, se ha utilizado para analizar la competencia interregional y regional en productos agropecuarios, por ejemplo en la industria lechera en Estados Unidos con los trabajos de Chavas *et al.*, 1993 y el de Yavuz *et al.*, 1996, en el sorgo mexicano (Rebollar *et al.*, 2016), en la porcicultura de México (Velázquez *et al.*, 2016; Almazán *et al.*, 2018), el mercado regional de leche en Japón (Kawaguchi *et al.*, 1997), mercado de la carne de pollo en México (Hernández *et al.*, 2020); en las importaciones de carne de pollo en México (Rebollar y Posadas, 2023) y efectos de aranceles a importaciones de carne bovina en México (Rebollar y Martínez, 2024); también se ha ampliado para incorporar múltiples áreas de mercados y productos comerciales, junto con numerosos proveedores y consumidores, que requieren varios medios de transporte.

El modelo de equilibrio espacial facilita el uso de ofertas y demandas, funcionalmente, dependientes del precio y sus inversas (donde el precio es una función de la cantidad) y con diferentes grados de estructuras de mercado (Sevilla & Ludeña, 2025).

X. MARCO CONTEXTUAL

Actualmente México presenta un déficit significativo en la producción de carne bovina, el cual es cubierto mediante importaciones en América Latina (EL ECONOMISTA, 2024). Sin embargo, la producción nacional no satisface la demanda interna, obligando a depender de proveedores extranjeros lo que ha llevado a una creciente dependencia de las importaciones, principalmente de Estados Unidos y Canadá. Así un aumento en el precio podría llegar a una disminución significativa en la cantidad demandada (Castro & García, 2019).

Las Importaciones y exportaciones el ComeCarne, en el 2023 México cubrió el 78% de la demanda nacional de cárnicos (pollo, res y cerdo) con la producción nacional y el 22% para asegurar el suministro a los consumidores. Pero en carne de bovino, México se coloca como el séptimo productor y consumidor a nivel mundial al cierre

del 2023, con 2.21 millones de toneladas. Mientras que importó 291 mil toneladas, lo que representa el 5.8% promedio anual.

Estados Unidos es el principal proveedor de carne de res de México con la participación 69.1%, al vender 138,336 al cierre del 2023, y presentó incremento de 13.7% en sus exportaciones a nuestro mercado. Para el 2024 el panorama para las exportaciones es favorable, debido al incremento de la producción nacional y por la creciente demanda principalmente de Estados Unidos. Se estiman exportaciones por 352 mil toneladas, lo que significa un aumento de 21.0% con relación a 2023 (Agroalimentario, 2024).

Políticas comerciales en México: un arancel elevado no sólo estimula sobre las importaciones en carne bovina sí no que, una medida de represalia de parte de los socios comerciales, también conduce a ineficiencias en la estructura productiva del propio país, al quitar la presión para incrementar la productividad y reasignar los recursos productivos. Está ha generado debates sobre su impacto en los precios y el bienestar de los consumidores (Mancilla 2024).

Precios y consumo: el precio promedio de la carne bovina en México en 2023-2024 fue de \$86.05 pesos por kilogramo, lo que representa un incremento del 35,70% respecto a 2024. Este aumento se debe a factores como la inflación, el incremento en los costos de producción y los aranceles aplicados a las importaciones (INEGI, 2023).

XI. MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL Y NO LINEAL

La programación lineal: intenta maximizar o minimizar un objetivo establecido, como por ejemplo la maximización de utilidades o la reducción de los costos. Es un modelo cuyo exponente de las variables exógenas o fijas tiene un exponente de uno (Budnick, 2007).

La programación no lineal: se considera como tal al conjunto de métodos para optimizar una función, objetivo, sujeta a una serie de restricciones en los que una o más de las variables incluidas no es lineal (Cantú-Cuéllar, 1996).

Condiciones de optimización: permiten abordar la resolución de modelos de programación no lineal, que consideran tanto restricciones de igualdad (ecuaciones) como desigualdad (inecuaciones) (Cantú-Cuéllar, 2019).

Modelo dual: es una programación lineal definida en forma directa y sistemática a partir del modelo original (o Primal) de programación lineal (González, 2013).

Modelo primal: es una herramienta matemática que resuelve problemas de planeación y programación de operaciones, resuelve la pregunta sobre cuanto producir de acuerdo con la capacidad operativa y estudios de mercado utiliza el modelo de la programación lineal (González, 2013).

Restricciones: la presencia de restricciones limita el espacio de búsqueda, pero, al mismo tiempo, puede tratarse de ecuaciones o inecuaciones algebraicas (Gómez, 2002).

Optimización: la optimización de procesos y/o servicios va de la mano con el desarrollo sostenible, si se entiende este último como aprovechar los recursos existentes y tratar de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las posibilidades de satisfacer las necesidades futuras (BGIO, 2013).

Condiciones Karush-Kuhn-Tucker: constituyen la base para el desarrollo de muchos algoritmos que proporcionan un criterio de parada para muchos otros, permitiendo establecer cuando ha sido alcanzado un óptimo local restringido (IUP, 2014).

Precios óptimos: son los precios que maximizan los beneficios de la empresa, el objetivo de un precio óptimo es habitualmente maximizar la rentabilidad de un producto (IUP, 2014).

Margen de distribución: tiene como objetivo relacionar la producción con el consumo, es decir poner en contacto a productores con consumidores y compradores, técnicamente la distribución es un canal por el que se circula un flujo de productos desde su origen (productores) hasta su final (consumidores) (Gómez, 2002).

XII. SOBRE LA PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA

La optimización matemática para el equilibrio espacial de mercados fue utilizada por Enke y Samuelson que utilizaron mercados distintos y formularon el problema maximizando la zona bajo la curva de demanda totales, menos el área bajo la misma, con lo que obtuvieron una estimación del bienestar social.

La contribución de Takayama y Judge ha sido crucial para la creación de modelos avanzados, capaces de abordar complejidades modernas en economía espacial. Sus contribuciones siguen siendo significativas hoy en día por ofrecer métodos analíticos fuertes para examinar los mercados globales interconectados (Takayama y Judge, 1964).

El modelo se aplica también para analizar situaciones en las cuales el consumo y la producción ocurren en regiones separadas y su solución refleja las cantidades comerciales entre las regiones en el caso de que los precios difieran por una cantidad mayor que la que implica los costos de transporte interregional.

Los modelos de equilibrio espacial se han utilizado con frecuencia para analizar los problemas relacionados con el comercio entre regiones y puede expandirse para incorporar tanto a países multi portadores y multi exportadores como a varios productos. Estos modelos son útiles para analizar el impacto de las medidas de comercio internacional como cuotas, subsidios, aranceles, embargos, etcétera.

El modelo de equilibrio espacial se aplicará al análisis de la competencia interregional y regional en productos agrícolas, como la industria lechera en Estados Unidos y el mercado regional de leche de Japón (Kawaguchi *et al.*, 1998). También se puede extender para incluir diferentes mercados y productos, múltiples fuentes de demanda y oferta, así como diversas formas de transporte.

El modelo de equilibrio espacial permite el uso de ofertas y demandas que dependen funcionalmente del precio; es decir, funciones inversas con distintos grados de estructuras de mercado.

Por ejemplo, Kawaguchi *et al.* (1998) desarrollaron un modelo de equilibrio espacial para el mercado de leche japonés que permitió una estructura de mercado dual, en la que hay compradores (según el modelo de consignación) y muchos pequeños productores de leche que compiten bajo competencia perfecta. Asimismo, se han desarrollado algoritmos más eficientes, como el de GAMS (General Algebraic Modeling System) conjunto con el aumento de la potencia de las computadoras, esto ha hecho posible el aumentar el tamaño y la complejidad de estos modelos.

XIII. SITUACIÓN DE LOS BOVINOS CARNE

13.1 Producción Mundial

En 2023, en el mundo se produjeron 277 millones de toneladas (t) de carne bovina, de las cuales, se consumieron 272 millones. Del volumen que se obtuvo, de los países como China, Estados Unidos de América (EUA), Unión Europea, Brasil, Rusia y México (2.08 millones de t, sexta posición mundial) destacaron como los productores principales (COMECARNE, 2024).

Para el año 2024, la producción nacional de carne de bovino sumo un total de 1 millón 172 mil que equivale a 28 toneladas, lo que representa un incremento de 30 mil 489 toneladas respecto al mismo periodo de 2023. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estimó que la producción mundial de carne de res crecería un 0.66% respecto al año 2023, alcanzando un nuevo máximo histórico de 60.4 millones de toneladas en canal, así mismo informo que en la próxima década la producción mundial de carne bovina podría aumentar alrededor de 9.0%. ya que este crecimiento impulsaría a una reducción en los precios de grano y zacate (Alonso Pesado, 2025).

Entre los estados que más contribuyen a la producción de carne de bovino en el país, Veracruz ocupa el primer lugar, con un volumen de 190 mil 969 toneladas, lo que representa el 13% del total nacional. A este le siguen Jalisco, con 174,638 toneladas (11.9%), San Luis Potosí con 89,565 (6.1), Durango con 81,301 (5.5%) y Baja California con 75,643 toneladas (5.1%). En su totalidad, estos cinco estados aportan el 41.6% de la producción total registrada a nivel nacional SIAP (2024, octubre 14).

13.2 Exportaciones mundiales

Para 2023, en el mundo se exportaron 38.5 millones de t de carne, de las cuales, 12.03 millones fueron de carne bovina. México se ha consolidado como un exportador relevante de carne bovina, con mercados clave como Estados Unidos, Japón y Corea del Sur. Sin embargo, en 2023 las exportaciones cayeron un 12.7% respecto a 2022, y en 2024 la reducción fue del 8.88% adicional. Estas caídas reflejan la menor compra de los principales socios comerciales. (OPPORTIMES, 14 agosto, 2023).

México sigue ocupando el décimo lugar entre los exportadores, representando el 2.8% del comercio mundial. En 2024, se proyectó que sus exportaciones de carne bovina aumentaron un 8.0% anual, hasta alcanzar 365,000 toneladas. China y Estados Unidos continuaran liderando las importaciones, con 3.45 mdt y 1.89 mdt respectivamente. China redujo sus compras en un 3.6 % impulsado por un mayor consumo de proteínas más económicas y una oferta interna reforzada tras el aumento de existencias en contraste, las importaciones estadounidenses crecerán un 9.9 % ese año, aunque por debajo del 12.0 % de 2023, debido a una producción doméstica estimada en su nivel más bajo desde 2018 y una demanda interna sostenida.

13.3 Importaciones mundiales

Las importaciones de carne bovina a nivel mundial constituyen un elemento decisivo dentro del comercio agroalimentario, pues permiten articular a los países que generan excedentes exportables con aquellos que carecen de producción suficiente. Ya que en el periodo entre 2019 y 2024, el intercambio internacional de carne bovina presento altibajos mercados por factores de carácter sanitario, climático y económico. La Organización de las Naciones Unidas reporto que en 2023 las importaciones alcanzaron cerca de 12.5 millones de toneladas, lo que implicó una reducción de 1.3% en comparación con el año previo.

En contraste Estados Unidos registro un repunte en sus importaciones, alcanzando cerca del 1.5 millones de toneladas en 2023, de acuerdo con la (USDA OECD & FAO. (2024).

En el mercado de importaciones mundiales de carne bovina tiene efectos directos e indirectos para México. Por un lado, los precios internos se ven influenciados por el comportamiento de los principales importadores (China y Estados Unidos), ya que china es uno de los países que se mantiene como el mayor importador mundial con 3.6 y 3.7 millones de toneladas en canal, Estados Unidos como importador se ha intensificado en 2023-2024, Japón y corea del sur juntos absorben más de 1 millón de toneladas anuales consolidando su posición como compradores estratégicos, Unión Europea, aunque importa en menor volumen sus compras son relevantes por la alta exigencia en calidad lo que influye en los precios internacionales (USDA 2023).

13.4 Consumo mundial

En 2023, el consumo mundial de carne de res alcanzó los 57.1 millones de toneladas (equivalente en canal), lo que representa un incremento del 1.3% respecto al año anterior. Este volumen no se distribuyó de manera homogénea: cinco países concentraron el 71.7 del total. Estados Unidos lidero con el 22.15, seguido por china (19.4%), Brasil (14.2%), la Unión Europea (10.9%) e India con (5.1%). De acuerdo con los reportes de la FAO, el volumen global de carne bovina se mantuvo en un rango cercano a los 72-73 millones de toneladas en canal. Mientras en naciones desarrolladas se advierte un consumo más moderado, es curioso notar como en sociedades que alcanzan nuevos niveles de bienestar, la carne de res tiende a asociarse con prestigio y movilidad social. (Alonso Pesado, 2025).

El informe OECD-FAO refuerza esta percepción al señalar que, pese a la inflación y alza de los precios en 2022 y 2023, la demanda mostro un incremento hacia 2024 especialmente en Asia y América Latina. Y no solo eso, también anticipa que

Estados Unidos continúa encabezando la lista de consumidores, aunque con una tendencia leve a sustituir parte de su consumo por pollo y cerdo. En el caso de China afianzo su posición como segundo consumidor mundial, llegando a 9.5 millones de toneladas en 2023, un dato que refleja la transición alimentaria de su clase media. (ReportLinker 2023).

13.5 Consumo mundial per cápita

Durante la última década, el consumo global de carne bovina registró un crecimiento anual promedio de apenas 0.23%, cifra inferior al incremento observado en la producción, que fue de 0.4%, según datos del USDA.

De acuerdo con las proyecciones de la OCDE y la FAO, la demanda de carne en los próximos años podría verse afectada negativamente, principalmente por el alza sostenida en los precios al consumidor y por el débil crecimiento en los ingresos de la población. Esta combinación de factores puede provocar que los consumidores ajusten sus hábitos de compra, reduciendo su consumo general de carne, especialmente en países de ingresos medios y altos, donde representa una parte significativa del gasto alimentario. Se anticipa una inclinación hacia opciones más accesibles, tanto en tipo de carne como en cortes, así como una disminución en el gasto destinado a alimentos consumidos fuera del hogar.

En el caso de México, la carne de res ocupa un lugar relevante en la dieta de la población. En 2020, el 8% del gasto total en alimentos se destinó a su adquisición. Este porcentaje suele incrementarse a medida que los ingresos familiares mejoran lo que a su vez eleva la participación de este producto en el gasto alimentario total, lo que también incrementa la proporción del gasto dedicado a este alimento. Sin embargo, existen marcados diferentes entre niveles socioeconómicos: en los hogares con menores ingresos, el gasto en carne de res es menos de la mitad en comparación con los hogares más altos.

Durante el periodo 2023, el consumo global de carne de res llego a los 57.1 millones de toneladas, reflejando un aumento del 1.3% en comparación del 2022. De esa cantidad, cinco países concentraron el 71.8% del consumo total, siendo Estados Unidos el mayor consumidor con el 22.1%, seguido por China con el 19.4%, Brasil represento el 14.2%, del consumo total mientras que la Unión Europea contribuyo de manera destacada con el 10.9% seguida por India, que registró una participación del 5.1%.

13.6 Situación de los bovinos carne en México

En México, la cría de ganado bovino cumple principalmente con dos objetivos la primera la producción de carne y en segundo la leche. En muchos casos, ambas actividades se desarrollan de forma conjunta, aprovechando al máximo el potencial de cada animal, de acuerdo con los datos del censo agropecuario en el año 2022 en el mes de septiembre se contabilizaron poco más de 24.8 millones de cabezas de ganado bovino en el país. Cabe mencionar que el mercado de la carne de res en México contribuye como un eje estratégico dentro del sector agroalimentario no se limita a ser una fuente de proteína animal de amplio consumo y en la integración del país. Durante el periodo 2019-2024, la industria bovina mexicana enfrente una serie de retos de alcance global y nacional (INEGI, 2022).

13.6.1 Producción nacional

La producción de carne bovina en México alcanzo en 2023 aproximadamente 2.21 millones de toneladas en canal, registrando un crecimiento del 1.8% respecto al año anterior. Las entidades líderes son Jalisco, Veracruz, San Luis Potosí, Chihuahua y Sonora los cuales se concentraron más del 40% del total nacional. Este dinamismo refleja tanto la adopción de tecnologías de engorda y manejo como la capacidad del sector para responder a la demanda externa.

En 2024 la producción nacional de carne bovina obtuvo 1 millón 172 mil toneladas en canal, lo que representó un incremento de 30 mil 489 toneladas respecto al año anterior. Este incremento se atribuye a la incorporación de prácticas modernas de engorda (SIAP, 2024).

13.6.2 Exportaciones de carne bovina

México ha mantenido una posición destacada como exportador en la carne bovina, en 2024, con 365 mil toneladas ya que las compras al mercado externo se incrementaron en 43.5%, especialmente hacia Estados Unidos, Japón y Corea del Sur, que en conjunto concentran más del 95% del volumen exportado, sin embargo, entre los años 2022 y 2024 se observó una tendencia descendente en los envíos al extranjero. En el año 2022, exportaciones alcanzaron aproximadamente 195 mil toneladas, pero en 2023 se redujo a 169 mil toneladas, lo que representó una caída de 12.9%. Esta disminución se atribuye a ajustes en la demanda internacional, para 2024 la tendencia negativa continuó, hasta agosto, las exportaciones mostraban una contracción adicional del 14.2% respecto al mismo periodo del año anterior SIAP (2024).

Aunque los datos disponibles permiten observar el volumen exportado de carne bovina por países como Estados Unidos y Japón muchas investigaciones no explican las causas estructurales que sustentan ese liderazgo.

13.6.3 Importaciones de carne bovina

La importación de carne bovina ha demostrado un crecimiento constante en la última década. En 2023, México importó alrededor de 200 mil toneladas, lo que representó un incremento del 17.5% respecto a 2022. Para 2024, la cifra aumentó en un 8% adicional, reflejando una creciente dependencia del abasto externo (SIAP, 2024).

Los principales proveedores de carne bovina a México son Estados Unidos, Canadá y Nicaragua, que en conjunto aportan más de 85% de las importaciones. Esta concentración genera vulnerabilidad frente a las fluctuaciones de precios internacionales y a cambios en las políticas comerciales de los países socios (USDA, 2023). En 2024 se registró, por primera vez desde 2015, un déficit en la balanza comercial de carne bovina, con importaciones que superaron a las exportaciones. Este fenómeno refleja la presión creciente sobre la oferta interna y plantea la necesidad de fortalecer la competitividad del sector nacional, además de diversificar tanto proveedores como destinos de exportación (OECD-FAO, 2023).

13.6.4 Consumo nacional per cápita

El consumo de carne de res en México se ha mantenido relativamente estable en términos absolutos, aunque con una tendencia decreciente frente a otras carnes más accesibles como pollo y el cerdo (COMECARNE, 2024). En año 2023, el consumo *per cápita* fue de 14.9 kilogramos, cifra inferior al promedio de la OCDE, que superó los 20 kilogramos anuales (OECD, 2023).

El consumo *per cápita* se situó en un entorno a los 16 kilogramos, colocándose solo detrás del pollo como proteína animal preferida de los hogares mexicanos. Para el año 2024 el consumo per capital de todos los cárnicos alcanzó los 82 kilogramos, lo que se confirma la importancia de estas proteínas en la dieta mexicana (SIAP, 2024), en términos totales el consumo nacional logró alrededor 1.9 millones de toneladas, lo que equivale al 85% de la producción interna. Sin embargo, la preferencia del consumidor se ha diversificado: el pollo domina por precio y disponibilidad, mientras que la carne de res ha quedado asociada a sectores de ingresos medios y altos, especialmente en las zonas rurales de bajos ingresos.

XIV. RESULTADOS

En el escenario global del comercio, los aranceles siguen siendo una herramienta controvertida que puede alterar profundamente las relaciones económicas entre países. Últimamente, los comentarios del presidente Donald Trump, sobre la posible tarifa arancelaria a las importaciones originarias de México y Canadá, han generado preocupación y tensión en la región por las posibles consecuencias. Ya que un aumento del 25% en los aranceles de Estados Unidos afectaría aproximadamente el 80% de las exportaciones sobre productos mexicanos, que sería un golpe duro para nuestra economía (Plascencia López, 2024).

Para México, una medida de este tipo significaría enfrentar varios retos importantes. Uno de los más notorios sería la pérdida de competitividad, ya que las empresas en Estados Unidos podrían recurrir a otros países para abastecerse, reduciendo la demanda de exportaciones mexicanas. Asimismo, los bienes importados desde Estados Unidos experimentarían un incremento en su costo, lo que impactaría directamente en los gastos de los consumidores mexicanos (Villanueva & González, 2025).

Este encarecimiento podría desatar una cadena de efectos: desde una posible reducción en la inversión extranjera, con consecuencias para el empleo nacional, hasta un aumento generalizado de precios, es decir, la inflación. Además, la disminución en la variedad de productos y el incremento en sus costos restringiría las alternativas de consumo disponibles para la población. En este contexto, los aranceles no solo representan un desafío económico, sino también una amenaza al bienestar cotidiano de la población (DTI, 2024).

La carne bovina mexicana se transporta, ya sea en frío (en canal) o bien con animales vivos, desde una entidad a otra, aunque también al momento de cruzar las fronteras terrestres (por exportación de animales vivos). Así, cuando el transporte se realiza por carretera y en frío, entonces, normalmente, se utilizan camiones tipo semirremolque, dispuestos de dos ejes, una altura de 4.0 metros (m), ancho de 2.5 m y de una longitud de 12.2 m (Morales y de la Torre, 2006).

Producción, importaciones y consumo óptimo

Sin intervención (sin la política del arancel) sobre el mercado de la carne de bovino en México en 2023; esto es, bajo condiciones óptimas, el modelo de programación no lineal maximizó la función objetivo descrita como función del Valor Social Neto (VSN), traducido en una mejoría del nivel de bienestar social. El ajuste del modelo se conoce como modelo base o modelo óptimo y la diferencia entre lo estimado y lo observado en 2023, fue de 0.022%, este porcentaje está dentro del rango de estimación aceptado que debe ser entre 0 y 10% (Rebollar et al., 2019b), en consecuencia, el modelo base se considera como válido para cualquier análisis de política comercial pertinente o cualquier tipo de política que implique evaluar tales efectos.

El Valor Social Neto (VSN) óptimo, dado por el modelo estimado, fue 13,464 millones de pesos, superior en 0.022% al observado en el año de análisis que fue de 13,461 mil millones de pesos (Tabla 1).

Tabla 1. México. Carne de bovino en canal, 2023. Modelo base u óptimo.

Región	Modelo			
	Observado	base	Cambio	Cambio %
Producción (t)				
NO	275,662	275,560	-102	-0.04
NR	324,783	324,088	-695	-0.21
NE	62,233	62,191	-42	-0.07
CO	484,243	484,139	-104	-0.02
CE	173,748	174,657	909	0.52
SU	225,426	227,738	2,312	1.03
OR	333,168	333,792	624	0.19
PE	38,665	38,666	1	0.00
Subtotal	1,917,928	1,920,831	2,903	0.15
Importaciones (t)				
PI1	180,273	184,339	4,067	2.256
PI2	20,030	19,788	-242	-1.210
Subtotal	200,303	204,127	3,824	1.909
Consumo (t)				
NO	192,246	206,523	14,277	7.427
NR	213,300	216,198	2,898	1.358
NE	148,520	155,549	7,029	4.733
CO	342,548	374,812	32,264	9.419
CE	673,222	691,608	18,386	2.731
SU	213,774	219,986	6,212	2.906
OR	165,900	169,591	3,691	2.225
PE	83,740	90,692	6,952	8.302
Subtotal	2,033,250	2,124,958	91,708	4.510
VSN (MMDP)	13,461	13,464	3.0	0.022

Fuente: elaboración propia con resultados de la corrida del modelo de programación en GAMS, 2025.

La maximización de la función objetivo determinó efectos en las variables del mercado; por el lado de la producción, la diferencia entre el modelo y lo registrado en 2023 fue 0.015%, un ajuste casi perfecto, observándose reducciones del volumen producido en cuatro de las ocho regiones del país, las que se ubican desde el centro hacia el norte; en tanto se incrementó en aquéllas que se localizan desde el sur hacia la península de Yucatán.

En importaciones, se observó una diferencia de 3,824 toneladas del cárnico, el modelo priorizó el aumento de esta variable sólo por el PI1 en aras de su maximización, en tanto redujo las que ingresan por el PI2. Por su parte, el consumo nacional óptimo fue mayor al observado en 4.5%, equivalente a 91,708 miles de toneladas de carne bovina, el modelo sugirió incrementar la demanda en 100% de las regiones consumidoras de México en favor de la maximización del VSN, donde la región CE fue la que registró el volumen consumido mayor por ser la que tiene más población, en número de consumidores tiene, con relación al resto del país (Tabla 2).

Tabla 2. México. Resumen del modelo óptimo en producción, importaciones y consumo de carne bovina, 2023.

Observado	Producción		
	Modelo	Diferencia	%
1,917,928	1,920,831	2,903	0.151%
	Importaciones		
200,303	204,127	3,824	1.909%
	Consumo		
2,033,250	2,124,958	91,708	4.510%
	VSN		
13,461,590,900,107	13,464,320,597,883	2,729,697,777	0.020%

Fuente: elaboración propia con resultados del modelo.

Análisis de la distribución óptima o flujos comerciales óptimos de carne bovina en México

La información de la Tabla 3, en su forma horizontal, expresa lo que cada región del país envía hacia el resto de las regiones, el total, por hilera refleja la oferta de tal región y, por columna, lo que cada región consume y que constituye su demanda. Esta última variable incluye producción e importaciones. La maximización del VSN indicó que la producción óptima de la región NO fue 275,534 t de carne bovina, de ese volumen, consumió 205,970 y su excedente lo envió hacia la CO.

En contraste, la región CE (CDMX, Estado de México, Morelos, Puebla, Hidalgo y Querétaro) del país, su producción óptima fue 173,550 t del cárnico, pero consumió 690,697 t; esto es, tan solo lo que produjo fue 25.1% de su demanda total; déficit que se cubrió con recepciones provenientes de las regiones NR, NE, CO, SU, OR e importaciones cárnicas ingresadas por el PI1. La región PE de Yucatán, también fue deficitaria, por lo que para abastecer el 100% de su consumo (90,177 t de carne bovina), el modelo base sugirió recibir producto cárnico de la región OR del país por un total de 51,511 t, el resto lo cubrió con su producción interna.

Es relevante describir que la región NE de México, la maximización del VSN sugirió enviar 100% de su producción de carne bovina hacia la región CE del país y recibir importaciones por el PI1 para cubrir el 100% de su demanda.

Tabla 3. México. Distribución o flujo comercial óptimo de la carne bovina por regiones, 2023. Cifras en t.

Región	NO	NR	NE	CO	CE	SU	OR	PE	Total
NO	206,523			69,037					275,560
NR		196,410			127,679				324,088
NE					62,191				62,191
CO				305,775	178,364				484,139
CE					174,657				174,657
SU					7,752	219,986			227,738
OR					112,175		169,591	52,027	333,792
PE								38,666	38,666
PI1			155,549		28,791				184,339
PI2		19,788							19,788
Total	206,523	216,198	155,549	374,812	691,608	219,986	169,591	90,692	2,124,958

Fuente: salida del modelo de programación no lineal, con datos oficiales de 2023.

Precios óptimos al productor y al consumidor

Los precios óptimos tanto al productor como al consumidor (que se pueden observar en la sección de Anexos al final de este trabajo) de carne bovina, son los que da la salida de resultados del modelo de programación. En la Tabla 4 se aprecia que, en todas las regiones del país, los precios óptimos al consumidor (PC) fueron mayores (márgenes de comercialización positivos dados por la diferencia entre el PC menos el PP) que los precios óptimos al productor (PP), situación que permitió la existencia de flujos comerciales óptimos entre distintas regiones.

Tabla 4. México. Precios óptimos y de mercado al productor y al consumidor de carne bovina. 2023.

Región	Precios óptimos (\$/t)		Precios de mercado (\$/t)	
	Consumidor	Productor	Consumidor	Productor
NO	74,664	70,534	72,586	70,526
NR	76,824	75,227	76,328	75,219
NE	75,684	75,416	73,891	75,501
CO	77,474	76,612	73,905	76,619
CE	78,544	77,862	76,356	77,870
SU	78,444	76,400	75,500	76,405
OR	77,544	76,451	75,489	76,452
PE	79,484	78,771	76,957	78,774
PI1		74,093		74,087
PI2		70,432		70,432

Fuente: elaboración propia, con resultados del modelo programación no lineal de la carne bovina.

En contraste, los precios de mercado, tanto al productor como al consumidor, se estimaron al utilizar las respectivas funciones de oferta y demanda y las cantidades óptimas producidas y demandadas. A manera de ejemplo, para la región CE de México: la función de demanda regional estimada en su formulación cantidad (Q) fue:

$$Q_{d,CE} = 811,624 - 1.528099832P_{d,CE}$$

Su respectiva función inversa (en la que el precio del cárnico es una función de la cantidad demandada, misma que se utilizó en el modelo de programación no lineal) para la región CE, en términos del precio (P), como variable dependiente y la cantidad demandada (Qd) como variable independiente, fue:

$$P_{d,CE} = 531,133 - 0.654408Q_d$$

El precio de mercado al consumidor se obtuvo al utilizar como valor de Qd, la cantidad óptima al consumidor, dada por la salida del modelo, cuyo valor fue (Tabla 1): Qd, óptima = 691,608 t, por tanto, el precio de mercado al consumidor, estimado fue:

$$P_{d,CE} = 531133 - 0.654408(691,608) = \$78,539$$

Ese precio de mercado al consumidor fue casi el mismo, por cuestiones de decimales, en valor, que el precio óptimo al consumidor, situación que permite demostrar la condición de optimización para la existencia de flujos comerciales óptimos en el país, descrita en la sección de materiales y métodos.

Con relación al precio de mercado al productor, en la región OR del país se calculó mediante la utilización de la ecuación inversa de la oferta estimada:

$$P_{s,OR} = -1,118,991 + 3.5814Q_{s,OR}$$

Donde $Q_{s,OR}$ fue la cantidad producida óptima dada por la salida del modelo, equivalente a 333,792 t del cárnico bovino, que al sustituirlo en la ecuación del precio dio como resultado un valor de \$76,452, exactamente igual al precio óptimo al productor, con lo que se demostró la condición de optimización respectiva.

Efectos del arancel de 25% sobre el mercado del cárnico bovino en México

Con el escenario de los efectos de la posible aplicación de un impuesto a las importaciones de carne bovina, tipo arancel *ad valorem* de 25%, se cumplen supuestos de teoría económica (comercio internacional) en estos resultados, pues, la producción nacional aumenta debido a la protección generada por el gravamen, las importaciones y el consumo nacional-regional se reducen por el arancel, en consecuencia, también el bienestar de la sociedad disminuye, aunado a que los precios al productor y al consumidor aumentan, debido a una escasez relativa ocasionada por el efecto en el mercado bovino de dicho arancel.

Así, al tomar en cuenta la información de importaciones bovinas en 2023 y el precio de importación por cada tonelada del cárnico (4,000 USD/t) puesto en la CDMX, el valor total por concepto de pago por el arancel de 25% que podrían haber realizado los importadores al internar al país 200,303 t, fue de 200.3 millones de USD que habrían ingresado a las arcas nacionales, por supuesto, con las consecuencias políticas y económicas, que aquí no se mencionan.

La Tabla 5 expresa los efectos del arancel de 25% sobre las variables del mercado de bovinos carne en México, con datos de 2023. Si el país decidiera aplicar esta tasa arancelaria, los perjudicados serían los consumidores e importadores con precios mayores a los del modelo base, en tanto que los productores se habrían de beneficiar debido a que el arancel significa proteger a la producción nacional bovina y los ganaderos verían un aumento de precio por su producto ofrecido.

Los efectos del arancel de 25% (Tabla 5) sobre el mercado de carne bovina en México, se contrastan con los del modelo sin la distorsión, así, con el impuesto, la producción nacional se vio protegida en un aumento de 0.3%, equivalente a 5,449 t, dicho volumen se incrementó en todas las regiones, con relevancia en la CE y NR. Por su parte, el arancel afectó a las importaciones al impactar de forma negativa con una reducción de 25,841 t (12.7%), la reducción mayor debida al impuesto se

observó en el PI1, en tanto que el PI2 expresó ingreso mayor del cárnico, aún por el arancel. El consumo nacional y por regiones impactó de forma negativa por el efecto del arancel de 25%, esta variable redujo su valor en 0.9%, equivalente en 20,385 t del cárnico en canal, en todas las regiones del país disminuyó el consumo de carne bovina, que en valor significó una pérdida de bienestar nacional de 0.02%.

Tabla 5. México. Efectos del arancel ad valorem de 25% sobre el mercado bovino, 2023.

Región	Modelo base	Arancel 25%
	Producción (t)	
NO	275,560	275,616
NR	324,088	325,407
NE	62,191	62,203
CO	484,139	484,195
CE	174,657	176,954
SU	227,738	228,590
OR	333,792	334,648
PE	38,666	38,667
Subtotal	1,920,831	1,926,280
	Importaciones (t)	
PI1	184,339	157,100
PI2	19,788	21,196
Subtotal	204,127	178,296
	Consumo (t)	
NO	206,523	203,242
NR	216,198	214,759
NE	155,549	154,404
CO	374,812	369,798
CE	691,608	686,924
SU	219,986	218,061
OR	169,591	168,542

PE	90,692	88,843
Subtotal	2,124,958	2,104,573
VSN (MMDP)	13,464	13,461

Fuente: elaboración propia con datos de la salida del modelo con el arancel.

Por el lado de los precios, el arancel de 25% a importaciones cárnicas bovinas procedentes de EUA en 2023, incrementó los precios recibidos por el productor en todas las regiones del país, esto, es, el impuesto protegió a productores nacionales, mediante incrementos en la producción de carne y en los precios recibidos por dicho productor en 4.03% como promedio (Tabla 6). Por el lado del consumo, el impuesto provocó incrementó los precios pagados por los consumidores nacionales y por región en 4% promedio, esto es, el arancel impactó, en términos porcentuales, casi igual tanto a los productores como a consumidores nacionales del cárnico (Tabla 6).

Tabla 6. México. Efecto de un arancel de 25% sobre precios al productor y al consumidor de carne bovina en México, 2023.

Región	Precios óptimos (\$/t)			
	Modelo base		Arancel 25%	
	Consumidor	Productor	Consumidor	Productor
NO	74,664	70,534	77,734	73,560
NR	76,824	75,227	79,894	78,293
NE	75,684	75,416	78,750	78,482
CO	77,474	76,612	80,544	79,678
CE	78,544	77,862	81,600	80,928
SU	78,444	76,400	81,514	79,466
OR	77,544	76,451	80,610	79,517
PE	79,484	78,771	82,544	81,837
PI1		74,093		58,159
PI2		70,432		77,844

Fuente: elaboración propia con resultado del modelo base y del arancel de 25%.

CONCLUSIONES

Los resultados del modelo se acercaron a la realidad o a los datos observados en el año de análisis. Tales resultados permitieron lograr los objetivos y demostrar las hipótesis planteadas. El modelo de programación no lineal optimizó la función del Valor Social Neto aplicado al mercado de bovinos carne en México 2023. El nivel de bienestar del modelo fue mayor al observado en el año de análisis, por tanto, sirvió como base para el análisis del efecto de política arancelaria. El mercado del cárnico bovino fue sensible a la aplicación del arancel y fungió como medida de protección a la producción nacional con precios superiores a los del modelo base. En tanto que los consumidores serían los afectados por el impuesto al recibir precios mayores con relación a los observados y a los del modelo base. El bienestar de la sociedad decrecería con la aplicación del arancel.

BLIBLIOGRAFIA

- Almazán Figueroa, O., Rebollar Rebollar, S., Velázquez Villalva, H. H., Gómez Tenorio, G. & Hernández Martínez, J. (2018). Efectos de depreciación del peso mexicano sobre el mercado de la carne de cerdo. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3):557-569. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/30105/33988>. [Anexado el día 21 de febrero de 2025].
- Almazán et al. (2018) Efectos de depreciación del peso mexicano sobre el mercado de la carne de cerdo. <https://www.redalyc.org/journal/437/43756297006/43756297006.pdf>. [Anexado el día 30 de agosto de 2025].
- Agroalimentario, 2024) Panorama Agroalimentario. <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>. [Anexado el día 06 de septiembre de 2025].
- Alonso Pesado, F. A. (2025, abril 30). *Producción y consumo de carne de bovino en el mundo*. <https://bmeditores.mx/ganaderia/produccion-y-consumo-de-carne-de-bovino-en-el-mundo/>. [Anexado el día 30 de agosto de 2025].
- Bassols (1995) Narciso Bassols: pensamiento y acción <https://repositorio.unam.mx/contenidos/narciso-bassols-pensamiento-y-accion-33215>. [Anexado el día 22 de febrero de 2025].
- Budnick, F. (2007). *Matemáticas aplicadas para la administración, economía y ciencias sociales*. México, D. F.: McGraw Hill. Recuperado de: <https://ie42003cgalbarracin.edu.pe/biblioteca/LIBRNIV312012023163753.pdf>. [Anexado el día 22 de febrero de 2025].
- Boyd, S., Parikh, N., Chu, E., Peleato B., Eckstein, B. (2011). Distributed optimization and statistical learning via the alternating direction method of multipliers. *Foundations and Trends in Machine Learning*, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8186925>. [Anexado el día 21 de febrero de 2025].

- (BGIO) Blog sobre la Gestión e Investigación de Operaciones (2013). *Teorema de Karush Kuhn Tucker en PNL (Ejercicios Resueltos)*. Disponible: <https://www.gestiondeoperaciones.net/programacion-no-lineal/teorema-de-karush-kuhn-tucker-aplicado-a-un-problema-de-programacion-no-lineal/>. [Anexado el día 20 de febrero de 2025].
- BANXICO (Banco de México). (2021). Tipo de cambio. Disponible en <https://www.banxico.org.mx/tipcamb/llevarTiposCambioAction.do?idioma=sp> [Anexado el día 21 de febrero de 2025].
- BM Editores. (2024, 14 de agosto). Aumentó el consumo per cápita de carne de res en 2023. BM Editores. <https://bmeditores.mx/ganaderia/aumento-el-consumo-per-capita-de-carne-de-res-en-el-2023/>. [Anexado el día 30 de agosto de 2025].
- Cantú-Cuellar, R. (1996). *Programación No Lineal*. Tesis, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Recuperado de: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080072405.pdf>. [Anexado el día 22 de febrero de 2025].
- Castro, M. A., & García, R. (2019). *El mercado de la carne de bovino en México, considerados los factores externos*. vol.16(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722019000100085. [Anexado el día 21 de junio de 2025].
- COMECARNE (2023b), SENASICA (2023) Compendio Estadístico 2023 del Consejo Mexicano de la Carne. <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2023/>. [Anexado el día 21 de febrero de 2025].
- COMECARNE (2023) Compendio Estadístico 2023 del Consejo Mexicano de la Carne. <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2023/>. [Anexado el día 21 de febrero de 2025].
- COMERCARNE (Consejo Mexicano de la Carne). (2023a). Compendio estadístico. El mercado de la carne en México. <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2023/> [Anexado el día 21 de febrero de 2025].

- COMECARNE. (2024). Situación actual del consumo de carne en México. Consejo Mexicano de la Carne. <https://comecarne.org>. [Anexado el día 02 de septiembre de 2025].
- COMECARNE (Consejo Mexicano de la Carne). (2024). Principales puntos de entrada para importaciones agropecuarias de los EE.UU. a México. <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2024/> [Anexado el día 22 de febrero de 2025].
- COMERCARNE (Consejo Mexicano de la Carne). (2024b). Compendio estadístico. <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2024/>. Consulta el 28 de agosto de 2025.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Servicio de Investigación Económica. (2023). Datos del comercio internacional de ganado y carne. USDA. <https://www.ers.usda.gov/data-products/livestock-and-meat-international-trade-data/>.. [Anexado el día 21 de julio de 2025].
- Del Moral, B. L. E. y Murillo, V. B. (2005). Dinámica del mercado de la carne bovina en México: un análisis de competitividad. *Paradigma Económico*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5926287>. [Anexado el día 21 de julio de 2025].
- DTI. (2024, noviembre 27). Los aranceles y su impacto en México: Análisis del panorama económico. *Cadena Política*. <https://cadenapolitica.com/2024/11/27/los-aranceles-y-su-impacto-en-mexico-analisis-del-panorama-economico/>. . [Anexado el día 21 de julio de 2025].
- Díaz-Fernández, Belarmino, A., Calzada-Infante, L. & Mar-Ortiz, J. (2021). *Formulación de modelos de programación lineal*. Recuperado de: <https://books.google.com.mx/books?id=HAhAEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=modelos+de+programacion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiV5Myg6JL6AhUmlGoFHT-BBMwQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q&f=true>. Consulta el 24 de febrero de 2025.

- Ecología Industrial. Producción Industrial Sostenible. En Capuz, S y Gómez, Ecodiseño:https://www.researchgate.net/publication/312549138_Ecodiseno_Ingenieria_del_ciclo_de_vida_para_el_desarrollo_de_productos_sostenibles. [Anexado el día 24 de febrero de 2025].
- El Economista. (2018). México seguirá exportando carne bovina aún sin TLCAN. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-seguira-exportando-carne-bovina-aun-sin-TLCANdirector-de-Mexican-Beef-20180124-0093.html>. [Anexado el día 24 de febrero de 2025].
- EL ECONOMISTA. (2024, mayo 19). *México registra déficit comercial en carne de bovino*. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-registra-deficit-comercial-en-carne-de-bovino-20240519-0109.html>. [Anexado el día 24 de febrero de 2025].
- FAO/SMIA (febrero 2002) Carne y productos cárnicos. <https://www.fao.org/4/y6175s/y6175s12.htm>. [Anexado el día 30 de septiembre de 2025].
- Gómez, T. (2002). *Ecología Industrial. Producción Industrial Sostenible*. En Capuz, S y Gómez, Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles (pp. 21-42). España: Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen13/ecologia_industrial.pdf. [Anexado el día 10 de agosto de 2025].
- Gass, F. I. & Harris, C. M. (2001). KKT Conditions. En: S. I. Gass & C. M. Harris (Eds). *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. NY. US: Springer. DOI: 10.1007/1-4020-0611-X_498. [Enciclopedia de Investigación de Operaciones y Ciencias de la Gestión | SpringerLink](#). [Anexado el día 24 de mayo de 2025].
- González, I. (2013). *Definición del problema dual*, Disponible en: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-tecnologica-de-santiago/metodos-numericos/resumen-del-problema-dual/87733801>. [Anexado el día 09 de agosto de 2025].

- Gramajo, P., & José Guillermo. (2018, junio). *Economía: Teoría y práctica* [Entrevista]. <https://biblat.unam.mx/es/revista/economia-teoria-y-practica/articulo/inconsistencia-del-equilibrio-parcial-en-la-teoria-del-valor-y-su-consistencia-macroeconomica>. [Anexado el día 20 de septiembre de 2025].
- Hernández Aguirre, P., Rebollar Rebollar, S., Gómez Tenorio, G. & Velázquez, Villalba, H. H. (2020). Efectos de una cuota compensatoria *ad valorem* sobre importaciones de carne de pollo en México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 6(1), 1-12. <http://articulo.uaem.mx/index.php/aap/article/view/117/44>. [Anexado el día 21 de septiembre de 2025].
- INEGI. (2022). A propósito del Día Nacional de la Ganadería. <https://www.inegi.org.mx/>. [Anexado el día 01 de septiembre de 2025].
- INEGI (2023) Estadísticas del día Nacional de la Ganadería https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2025/EAP_Ganaderia.pdf. [Anexado el día 01 de septiembre de 2025].
- IUP (2014). *Condiciones Karush-Kuhn-Tucker, Modelos de Optimización*. Disponible en: <https://psmmetodosdeoptimi.wixsite.com/optimizacion/condiciones-de-karush-kuhn-tucker>. [Anexado el día 04 de septiembre de 2025].
- (Krugman et al., 2018) suficientemente bueno para el trabajo gubernamental? Macroeconomía desde la crisis. <https://academic.oup.com/oxrep/article-abstract/34/1-2/156/4781811>. [Anexado el día 04 de septiembre de 2025].
- Kawaguchi, T., Suzuki, N. y Kaiser, H. M. (1998). A Spatial Equilibrium Model for Imperfectly Competitive Milk Markets. *American Agricultural Economics*, 79(3), 3. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1244426?msocid=3b56ec355a706add1cfefcf85b966b8a>. [Anexado el día 24 de septiembre de 2025].
- LibreTexts. (2022, octubre 30). 7.1: *Supuestos básicos del modelo de equilibrio parcial*. LibreTexts español. https://espanol.libretexts.org/Ciencias_Sociales/Economia/Libro%3A_Come

rcio Internacional -

Teor% C3%ADa y Pol% C3%ADtica/07%3A Efectos de la pol% C3%ADtica comercial con mercados perfectamente competitivos/7.01%3A Supuestos b% C3%A1sicos del modelo de equilibrio parcial. [Anexado el día 24 de septiembre de 2025].

Mancilla L. (2024, junio). El papel de los aranceles y las políticas comerciales en la promoción del desarrollo económico en México: una perspectiva globalizada. <https://red-dsp.uicui.edu.mx/index.php/DSP/article/view/21>. [Anexado el día 7 de marzo de 2025].

Martínez Dueñas, C. (2022, agosto 13). *Tipos de Aranceles en México I Modalidades de Aranceles*. <https://www.dripcapital.com/es-mx/recursos/blog/tipos-de-aranceles>. Anexado el día 25 de septiembre de 2025].

Moon Hee, K. & Gue Myung, L. (2013). On efficient applications of G. Karush Kuhn-Tucker necessary optimality theorems to objective programming problems. *Journal of Global Optimization*, 55(1), 5-11. https://web.archive.org/web/20170808155729/http://icms.kaist.ac.kr/mathnet/thesis_file/09-02-47.pdf. Anexado el día 25 de septiembre de 2025].

Morales-Pérez, C. G. & de la Torre-Moreno, M. E. (2006). Características del autotransporte refrigerado en México. Publicación Técnica 297, Instituto Mexicano del Transporte-Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt297.pdf>. Anexado el día 7 de marzo de 2025].

Morales y de la Torre, (2006). Proyectos de inversión: Evaluación y formulación de José Antonio Morales Castro y Arturo Morales Castro. https://www.cayso.com.mx/cursosenlinea/wpcontent/uploads/2019/05/Proyectos-de-Inversi%C3%B3n-Arturo-Morales_compressed.pdf. [Anexado el día 28 de agosto de 2025].

- OECD & FAO. (2024). *Perspectivas Agrícolas de la OCDE y la FAO 2024–2033*. Enlace de la versión en español: https://www.oecd.org/es/publications/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2024-2033_2b0c9d81-es.html. Anexado el día 25 de septiembre de 2025].
- OECD-FAO. (2023). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2023–2032*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/es/publications/2023/07/oecd-fao-agricultural-outlook-2023-2032_859ba0c2.html. Anexado el día 01 de septiembre de 2025].
- (OPPORTIMES, 14 agosto, 2023) Exportaciones de ganado bovino: México. <https://www.opportimes.com/comercio/exportaciones-de-ganado-bovino-mexico/>. Anexado el día 28 de agosto de 2025.
- Plascencia López, I. (2024, noviembre 29). *El costo de un arancel del 25% a México: Impactos en el PIB y Empleo*. <https://www.elimparcial.com/tij/columnas/2024/11/29/el-coste-de-un-arancel-del-25-a-mexico-impactos-en-el-pib-y-empleo/>. Anexado el día 25 de septiembre de 2025.
- Pérez et al. (2010:115), Vázquez y Martínez (2015) Upregulation of the PRB1 gene in the *Saccharomyces cerevisiae* rim101Delta mutant produces proteolytic artefacts that differentially affect some proteins. <https://www.yeastgenome.org/reference/S000135067>. Anexado el día 28 de agosto de 2025.
- Pérez, V. F. C., García, M. R., Martínez, D.M.A., Mora, F. J. S., Vaquera, H. H., González, E. A. (2010). Efecto de las importaciones de la carne de porcino en el mercado mexicano, 1961-2007. *Rev. Mex. Cienc. Pecu*, 1(2):115-126. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1517>. Anexado el día 25 de septiembre de 2025.
- Puebla Albiter, S., Rebollar Rebollar, S., Gómez Tenorio, G., Hernández Martínez. J. & Guzmán Soria, E. (2018). Factores determinantes de la oferta regional de carne bovina en México, 1994-2013. *Región y Sociedad*, 30(72):1-17.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252018000200007. Anexado el día 25 de septiembre de 2025.

Puebla et al. (2018)". Se trata de un artículo titulado *Evaluación de Chiltepín*. [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias Ambientales y Recursos Naturales/vol4num14/Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales V4 N14 6.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recurso_Naturales/vol4num14/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recurso_Naturales_V4_N14_6.pdf). Anexado el día 25 de septiembre de 2025.

(Puebla et al., 2023; El Economista, 2023) *Determinantes sociales de la salud del perfil epidemiológico de la tuberculosis en Puebla, México, durante 2022 y 2023*, *El Economista*, especializado en economía, finanzas y negocios en México. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-3813202400050001. Anexado el día 25 de agosto de 2025.

Panorama Agroalimentario (2024) [.file:///C:/Users/Downloads/Panorama%20Agroalimentario%20Carne%20de%20bovino%202024%20\(11\).pdf](file:///C:/Users/Downloads/Panorama%20Agroalimentario%20Carne%20de%20bovino%202024%20(11).pdf). Anexado el día 25 de agosto de 2025.

Rosenthal (2008) Ciencia y ética en la realización, análisis y presentación de informes de investigaciones psicológicas. <https://psycnet.apa.org/record/2008-05541-087>. Anexado el día 08 de septiembre de 2025.

Rebollar et al. (2020a) Evaluación de los efectos de un cupo de importación al mercado regional y nacional de pollo en México. <https://economiatyp.uam.mx/index.php/ETYP/article/download/603/855?inline=1>. Anexado el día 09 de septiembre de 2025.

Rebollar et al. (2019a), Hernández et al. (2020) y Rebollar et al. (2020b) *Evaluación de los efectos de un cupo de importación al mercado regional y nacional de pollo en México*. <https://scielo.org.mx/pdf/etp/n59/2448-7481-etp-59-185.pdf>. Anexado el día 06 de septiembre de 2025.

Rebollar-Rebollar, S., & Hernández-Martínez, J. (2023, abril 24). *Condiciones Karush-Kuhn-Tucker aplicadas al mercado de la carne de bovino en México*. 15. <https://www.researchgate.net/publication/370829978> *Condiciones Karu*

[shKuhnTucker aplicadas al mercado de la carne de bovino en Mexico](#)

. Anexado el día 28 de agosto de 2025.

(Rebollar et al., 2019 a; Rebollar, 2021) *Evaluación de los efectos de un cupo de importación al mercado regional y nacional de pollo en México.*

<https://scielo.org.mx/pdf/etp/n59/2448-7481-etp-59-185.pdf>. Anexado el día 29 de agosto de 2025.

Rebollar et al., (2019b). *Evaluación de los efectos de un cupo de importación al mercado regional y nacional de pollo en México.*

<https://scielo.org.mx/pdf/etp/n59/2448-7481-etp-59-185.pdf>. Anexado el día 08 de septiembre de 2025.

Redacción. (2025, febrero 4). 4 efectos de los aranceles a las importaciones en México. *Líder Empresarial.*

<https://www.liderempresarial.com/4-efectos-de-los-aranceles-a-las-importaciones-en-mexico/>. Anexado el día 8 de marzo de 2025.

Rebollar-Rebollar, S. (2021). Distribución de la carne de pollo en México: una aplicación de las condiciones Karush-Kuhn-Tucker. *Investigación y Ciencia*,

43(12):231239. <https://www.redalyc.org/journal/674/67472343005/67472343005.pdf>. Anexado el día 15 de agosto de 2025.

Rebollar Rebollar, S., Chiatchoua, C. & Gómez Tenorio, G. (2019b). Efectos de la aplicación de un impuesto en México: caso carne de cerdo. *Análisis Económico*,

34(86):245-261. <https://biblat.unam.mx/es/revista/analisis-economico-universidad-autonoma-metropolitana/articulo/efectos-de-la-aplicacion-de-un-impuesto-en-mexico-caso-carne-de-cerdo#:~:text=El%20objetivo%20fue%20cuantificar%20los%20efectos%20del%20escenario,con%20programaci%C3%B3n%20no%20lineal%20y%20datos%20de%202015..>

<https://biblat.unam.mx/es/revista/analisis-economico-universidad-autonoma-metropolitana/articulo/efectos-de-la-aplicacion-de-un-impuesto-en-mexico-caso-carne-de-cerdo#:~:text=El%20objetivo%20fue%20cuantificar%20los%20efectos%20del%20escenario,con%20programaci%C3%B3n%20no%20lineal%20y%20datos%20de%202015..> Anexado el día 12 de agosto de 2025.

Rebollar, S. & González Razo, F. J. (2014). Comportamiento 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.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242014000400001. Anexado el día 26 de septiembre de 2025.

- Rebollar Rebollar, S., Martínez Damián, M. Á., Callejas Juárez, N. & Velázquez Villalva, H. H. (2019a). Eficiencia en el mercado de carne de cerdo en México. *Ciencia Ergo Sum*, 26(3):1-13, nov 2019-feb 2020. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242014000400001. Anexado el día 30 de agosto de 2025.
- Rebollar et al. (2020) Modelo econométrico de demanda de carne porcina en México, 1990–2019. <https://www.redalyc.org/journal/104/10472165001/10472165001.pdf>. Anexado el día 30 de agosto de 2025.
- Rebollar Rebollar, S., Rebollar Rebollar, E., Guzmán Soria, E. & Hernández Martínez, J. (2020a). Determinantes de la demanda de carne bovina en México, 1996-2017: un análisis por regiones. *Debate Económico*, 9(1):65-84. <https://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/112>. Anexado el día 15 de agosto de 2025.
- Rebollar-Rebollar, E., Rebollar-Rebollar, S. & Del Moral-Barrera, L. E. (2022). La demanda de carne bovina en el Estado de México, Ciudad de México y Jalisco, 2000-2020. Cuadernos de Economía. *In Prensa*. <https://revistas.uaa.mx/investycien/article/view/4176>. Anexado el día 17 de agosto de 2025.
- Rebollar-Rebollar, S., Velázquez-Villalva, H. H., Gómez-Tenorio, G., Posadas-Domínguez, R. R. & Martínez-Castañeda, F. E. (2020b). Efectos de la aplicación de subsidios al mercado porcino en México. *Archivos de Zootecnia* 69(265):3037. <https://www.semanticscholar.org/reader/cd1a2de4d80655c115dc2a2620d5897a0bbe0f5d>. Anexado el día 15 de agosto de 2025.
- Rebollar-Rebollar, S., & Hernández-Martínez, J. (2023, abril 24). *Condiciones Karush-Kuhn-Tucker aplicadas al mercado de la carne de bovino en México*.15. https://www.researchgate.net/publication/370829978_Condiciones_KarushKuhnTucker_aplicadas_al_mercado_de_la_carne_de_bovino_en_Mexico. Anexado el día 17 de agosto de 2025.
- ReportLinker (2023), Tamaño del mercado mundial de carne de vacuno Volumen per cápita por país.

<https://www.reportlinker.com/dataset/4f5b5c3ad41b845ae4b31aa691a6f87ec05b8154>. Anexado el día 8 de marzo de 2025.

(Rubio *et al.*, 2013; del Moral y Murillo, 2015, Puebla *et al.*, 2018; COMECARNE, 2023) Development of a wáter Quality Index. Dinámica del mercado de la carne bovina en México. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3417805>.

Anexado el día 8 de marzo de 2025.

Rubio, L. M. de la S., Braña, V. D., Méndez, M. D. y Delgado, S. E. (2013) *Sistemas de Producción y Calidad de Carne Bovina*. 1ra ed. Folleto Técnico número 28, INIFAP. México, D. F. 56 p. <https://isbn.cloud/en/9786073700955/sistemas-de-produccion-y-calidad-de-carne-bovina/>. Anexado el día 8 de marzo de 2025.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER)-Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). Escenario mensual de productos agroalimentarios. Carne de bovino. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/817522/Carne_de_bovino_Marzo.pdf. Consulta el 12 de marzo de 2025.

SNIIM. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. (2020). Mercados del exterior. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105791/2.5.5_SNIIM.pdf. [Anexado el día 7 de marzo de 2025].

Sevilla, A., & Ludeña, J. A. (2025, marzo 10). *Ley de oferta y demanda: Qué es, teoría, gráficos y ejemplos*. <https://economipedia.com/definiciones/ley-de-oferta-y-demanda.htm1>. [Anexado el día 7 de marzo de 2025].

Sasaki, K. (1969). Spatial Equilibrium in Eastern Japan Milk Market. *Journal of Rural Economics*, 41, 106-116. <https://eurekamag.com/research/014/678/014678591.php>. Anexado el día 8 de marzo de 2025.

Satoshi, S. (2021). Karush–Kuhn–Tucker type optimality condition for quasiconvex programming in terms of Greenberg–Pierskalla subdifferential. *Journal of*

<https://www.researchgate.net/profile/Satoshi-Suzuki-8>.

SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2021. Inspección de cárnico en fronteras. Disponible en: <https://gobmx.mx/senasica/>. [Anexado el 19 de febrero de 2025].

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2021). Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. En: <https://www.gob.mx/siap/documentos/panorama-agroalimentario-2021>. [Anexado el 19 de febrero de 2025].

SIAP. (2024). *Producción pecuaria y consumo de carne en México*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap>. [Anexado el 01 de septiembre de 2025].

SIAP (2024, octubre 14). Escenario mensual de productos agroalimentarios. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/953030/Carne_de_Bovino_Sep_2024.pdf. [Anexado el día 01 de septiembre de 2025].

(*SIAP-nube, 2025*) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <https://nube.agricultura.gob.mx/agroprograma/>.

Takayama, T. y Judge, G. G. (1964). Partial Equilibrium and Quadratic Programming. *Journal of Farm Economics*, 64, 67-93. <https://www.ciad.mx/estudiosociales/index.php/es/article/view/1391/1074>. [Anexado el día 7 de marzo de 2025].

Taibo, M. (2015, enero 25). *Economía protegida*. <https://www.aporrea.org/ideologia/a201633.html>. [Anexado el día 7 de marzo de 2025].

USDA OECD & FAO. (2024) Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. https://www.oecd.org/en/publications/oecdfoagriculturaloutlook20242033_4c5. [Anexado el día 7 de marzo de 2025].

- Vitoriano, B., & Ramos, A. (2023). *PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA: Métodos de optimización.* https://blogs.mat.ucm.es/bvitoriano/wpcontent/uploads/sites/6/9/2023/02/MM_PMII_I_IIb.pdf. [Anexado el día 8 de marzo de 2025].
- Villanueva, P., & González, E. (2025, enero 30). *El impacto de los aranceles en la economía mexicana.* https://www.hrratings.com/pdf/Nota_aranceles_2025.pdf. [Anexado el día 8 de marzo de 2025].
- Wallace, B. (2004). Constrained Optimización: Kuhn-Tucker condiciones. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S187004622011000200040. [Anexado el día 8 de marzo 2025].

ANEXOS

Salida del modelo de programación no lineal en el GAMS

GAMS 24.4.2 r51415 Released Mar 15, 2015 WIN-VS8 x86 32bit/MS Windows
02/05/25 14:44:22 Page 1

General Algebraic Modeling System

Compilation

GAMS 24.4.2 r51415 Released Mar 15, 2015 WIN-VS8 x86 32bit/MS Windows
02/05/25 14:44:22 Page 2

General Algebraic Modeling System

Equation Listing SOLVE ESPACIAL Using NLP From line 96

---- VSN =E= Valor Social Neto

VSN.. - (295547)*Y(NO) - (574124)*Y(NR) - (529984)*Y(NE) - (344528)*Y(CO)

- (611097)*Y(CE) - (530000)*Y(SU) - (665675)*Y(OR) - (260145)*Y(PE)

- (15154111)*X(NO) - (677921)*X(NR) - (15892387)*X(NE) - (26468935)*X(CO)

- (155217)*X(CE) - (743388)*X(SU) - (1118991)*X(OR) - (186601018)*X(PE)

- (33745)*X(PI1) - (33745)*X(PI2) + 4127*F(NO,NO) + 6496*F(NO,NR)

+ 7813*F(NO,NE) + 6939*F(NO,CO) + 8272*F(NO,CE) + 10233*F(NO,SU)

+ 10286*F(NO,OR) + 13051*F(NO,PE) + 6496*F(NR,NO) + 1597*F(NR,NR)

+ 2169*F(NR,NE) + 2576*F(NR,CO) + 3312*F(NR,CE) + 5287*F(NR,SU)

+ 5268*F(NR,OR) + 8057*F(NR,PE) + 7813*F(NE,NO) + 2169*F(NE,NR)

+ 628*F(NE,NE) + 2812*F(NE,CO) + 3123*F(NE,CE) + 4969*F(NE,SU)

+ 4602*F(NE,OR) + 7431*F(NE,PE) + 6939*F(CO,NO) + 2576*F(CO,NR)

+ 2812*F(CO,NE) + 861*F(CO,CO) + 1927*F(CO,CE) + 3817*F(CO,SU)

+ 3894*F(CO,OR) + 6689*F(CO,PE) + 8272*F(CE,NO) + 3312*F(CE,NR)

+ 3123*F(CE,NE) + 1927*F(CE,CO) + 677*F(CE,CE) + 2139*F(CE,SU)

+ 2088*F(CE,OR) + 4889*F(CE,PE) + 10233*F(SU,NO) + 5287*F(SU,NR)

+ 4969*F(SU,NE) + 3817*F(SU,CO) + 2139*F(SU,CE) + 2041*F(SU,SU)

+ 2338*F(SU,OR) + 4523*F(SU,PE) + 10286*F(OR,NO) + 5268*F(OR,NR)

$$\begin{aligned}
&+ 4602 * F(OR,NE) + 3894 * F(OR,CO) + 2088 * F(OR,CE) + 2338 * F(OR,SU) \\
&+ 1090 * F(OR,OR) + 3025 * F(OR,PE) + 13051 * F(PE,NO) + 8057 * F(PE,NR) \\
&+ 7431 * F(PE,NE) + 6689 * F(PE,CO) + 4889 * F(PE,CE) + 4523 * F(PE,SU) \\
&+ 3025 * F(PE,OR) + 705 * F(PE,PE) + 8197 * F(PI1,NO) + 2801 * F(PI1,NR) \\
&+ 1589 * F(PI1,NE) + 4115 * F(PI1,CO) + 4446 * F(PI1,CE) + 6296 * F(PI1,SU) \\
&+ 6006 * F(PI1,OR) + 8888 * F(PI1,PE) + 4692 * F(PI2,NO) + 6392 * F(PI2,NR) \\
&+ 7566 * F(PI2,NE) + 7905 * F(PI2,CO) + 9167 * F(PI2,CE) + 11138 * F(PI2,SU) \\
&+ 11169 * F(PI2,OR) + 13953 * F(PI2,PE) + Z = E = 0 ; (LHS = 0)
\end{aligned}$$

---- OFERTA =L= Indica como se distribuye la produccion de i

$$\text{OFERTA(NO)..} - X(\text{NO}) + F(\text{NO,NO}) + F(\text{NO,NR}) + F(\text{NO,NE}) + F(\text{NO,CO}) + F(\text{NO,CE})$$

$$+ F(\text{NO},\text{SU}) + F(\text{NO},\text{OR}) + F(\text{NO},\text{PE}) =L= 0 ; (\text{LHS} = 0)$$

$$\text{OFERTA}(\text{NR}).. - X(\text{NR}) + F(\text{NR},\text{NO}) + F(\text{NR},\text{NR}) + F(\text{NR},\text{NE}) + F(\text{NR},\text{CO}) + F(\text{NR},\text{CE})$$

$$+ F(\text{NR},\text{SU}) + F(\text{NR},\text{OR}) + F(\text{NR},\text{PE}) =L= 0 ; (\text{LHS} = 0)$$

$$\text{OFERTA}(\text{NE}).. - X(\text{NE}) + F(\text{NE},\text{NO}) + F(\text{NE},\text{NR}) + F(\text{NE},\text{NE}) + F(\text{NE},\text{CO}) + F(\text{NE},\text{CE})$$

$$+ F(\text{NE},\text{SU}) + F(\text{NE},\text{OR}) + F(\text{NE},\text{PE}) =L= 0 ; (\text{LHS} = 0)$$

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- DEMANDA =G= Indica como se abastece el consumo de j

$$\text{DEMANDA}(\text{NO}).. - Y(\text{NO}) + F(\text{NO},\text{NO}) + F(\text{NR},\text{NO}) + F(\text{NE},\text{NO}) + F(\text{CO},\text{NO}) + F(\text{CE},\text{NO})$$

$$+ F(\text{SU},\text{NO}) + F(\text{OR},\text{NO}) + F(\text{PE},\text{NO}) + F(\text{PI1},\text{NO}) + F(\text{PI2},\text{NO}) =G= 0 ; (\text{LHS} = 0)$$

DEMANDA(NR).. - Y(NR) + F(NO,NR) + F(NR,NR) + F(NE,NR) + F(CO,NR) +
F(CE,NR)

+ F(SU,NR) + F(OR,NR) + F(PE,NR) + F(PI1,NR) + F(PI2,NR) =G= 0 ; (LHS =
0)

DEMANDA(NE).. - Y(NE) + F(NO,NE) + F(NR,NE) + F(NE,NE) + F(CO,NE) +
F(CE,NE)

+ F(SU,NE) + F(OR,NE) + F(PE,NE) + F(PI1,NE) + F(PI2,NE) =G= 0 ; (LHS = 0)

REMAINING 5 ENTRIES SKIPPED

General Algebraic Modeling System

Column Listing SOLVE ESPACIAL Using NLP From line 96

---- Y Cantidad consumida en j

Y(NO)

(.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)

(-295547) VSN

-1 DEMANDA(NO)

Y(NR)

(.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)

(-574124) VSN

-1 DEMANDA(NR)

Y(NE)

(.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)

(-529984) VSN

-1 DEMANDA(NE)

REMAINING 5 ENTRIES SKIPPED

---- X Cantidad producida en i

X(NO)

(.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)

(-1.515411E+7) VSN

-1 OFERTA(NO)

X(NR)

(.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)

(-677921) VSN

-1 OFERTA(NR)

X(NE)

(.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)

(-1.589239E+7) VSN

-1 OFERTA(NE)

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- F Envios de i a j

F(NO,NO)

(.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)

4127 VSN

1 OFERTA(NO)

1 DEMANDA(NO)

F(NO,NR)

(.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)

6496 VSN

1 OFERTA(NO)

1 DEMANDA(NR)

F(NO,NE)

(.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)

7813 VSN

1 OFERTA(NO)

1 DEMANDA(NE)

REMAINING 77 ENTRIES SKIPPED

---- Z Valor Social Neto

Z

(.LO, .L, .UP, .M = -INF, 0, +INF, 0)

1 VSN

General Algebraic Modeling System

Model Statistics SOLVE ESPACIAL Using NLP From line 96

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS	3	SINGLE EQUATIONS	19
BLOCKS OF VARIABLES	4	SINGLE VARIABLES	99
NON ZERO ELEMENTS	277	NON LINEAR N-Z	18
DERIVATIVE POOL	20	CONSTANT POOL	51
CODE LENGTH	110		

GENERATION TIME = 0.000 SECONDS 4 MB 24.4.2 r51415 WIN-VS8

EXECUTION TIME = 0.000 SECONDS 4 MB 24.4.2 r51415 WIN-VS8

General Algebraic Modeling System

Solution Report SOLVE ESPACIAL Using NLP From line 96

SOLVE SUMMARY

MODEL	ESPACIAL	OBJECTIVE	Z
TYPE	NLP	DIRECTION	MAXIMIZE
SOLVER	MINOS	FROM LINE	96

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion

**** MODEL STATUS 2 Locally Optimal

**** OBJECTIVE VALUE 13526749951831.9410

RESOURCE USAGE, LIMIT	0.016	1000.000
-----------------------	-------	----------

ITERATION COUNT, LIMIT	68	2000000000
------------------------	----	------------

EVALUATION ERRORS	0	0
-------------------	---	---

GAMS/MINOS 24.4.2 r51415 Released Mar 15, 2015 VS8 x86 32bit/MS Windo

MINOS 5.6 (Nov 2014)

GAMS/MINOS 5.6, Large Scale Nonlinear Solver

B. A. Murtagh, University of New South Wales

P. E. Gill, University of California at San Diego,

W. Murray, M. A. Saunders, and M. H. Wright,

Systems Optimization Laboratory, Stanford University

Work space allocated -- 0.82 Mb

EXIT - Optimal Solution found, objective: 0.1352675E+14

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
--	-------	-------	-------	----------

---- EQU VSN	.	.	.	1.000
--------------	---	---	---	-------

VSN Valor Social Neto

---- EQU OFERTA Indica como se distribuye la produccion de i

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
--	-------	-------	-------	----------

NO	-INF	.	.	69056.738
----	------	---	---	-----------

NR	-INF	.	.	73749.738
----	------	---	---	-----------

NE	-INF	.	.	73938.738
CO	-INF	.	.	75134.738
CE	-INF	.	.	76384.738
SU	-INF	.	.	74922.738
OR	-INF	.	.	74973.738
PE	-INF	.	.	77293.738
PI1	-INF	.	.	72615.738
PI2	-INF	.	.	68954.738

---- EQU DEMANDA Indica como se abastece el consumo de j

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

NO	.	.	+INF	-7.318E+4
NR	.	.	+INF	-7.535E+4
NE	.	.	+INF	-7.420E+4
CO	.	.	+INF	-7.600E+4
CE	.	.	+INF	-7.706E+4
SU	.	.	+INF	-7.696E+4
OR	.	.	+INF	-7.606E+4
PE	.	.	+INF	-7.800E+4

---- VAR Y Cantidad consumida en j

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

NO	.	2.0597E+5	+INF	.
NR	.	2.1662E+5	+INF	.
NE	.	1.5544E+5	+INF	.
CO	.	3.7192E+5	+INF	.
CE	.	6.9070E+5	+INF	.
SU	.	2.1928E+5	+INF	.
OR	.	1.6943E+5	+INF	.
PE	.	90176.640	+INF	.

---- VAR X Cantidad producida en i

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

NO	.	2.7553E+5	+INF	.
NR	.	3.2345E+5	+INF	.
NE	.	62184.917	+INF	.
CO	.	4.8411E+5	+INF	.
CE	.	1.7355E+5	+INF	.
SU	.	2.2733E+5	+INF	.
OR	.	3.3338E+5	+INF	.

PE . 38665.544 +INF .

PI1 . 1.8181E+5 +INF .

PI2 . 19507.235 +INF .

---- VAR F Envios de i a j

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

NO .NO . 2.0597E+5 +INF 1.1356E-7

NO .NR . . +INF -206.000

NO .NE . . +INF -2665.000

NO .CO . 69563.725 +INF 3.6147E-8

NO .CE . . +INF -267.000

NO .SU . . +INF -2326.000

NO .OR . . +INF -3279.000

NO .PE . . +INF -4109.000

NR .NO . . +INF -7062.000

NR .NR . 1.9712E+5 +INF 4.5239E-7

NR .NE . . +INF -1714.000

NR .CO . . +INF -330.000

NR .CE . 1.2634E+5 +INF 3.7486E-7

NR .SU . . +INF -2073.000

NR .OR . . +INF -2954.000

NR .PE	.	.	+INF	-3808.000
NE .NO	.	.	+INF	-8568.000
NE .NR	.	.	+INF	-761.000
NE .NE	.	.	+INF	-362.000
NE .CO	.	.	+INF	-755.000
NE .CE	.	62184.917	+INF	-4.881E-6
NE .SU	.	.	+INF	-1944.000
NE .OR	.	.	+INF	-2477.000
NE .PE	.	.	+INF	-3371.000
CO .NO	.	.	+INF	-8890.000
CO .NR	.	.	+INF	-2364.000
CO .NE	.	.	+INF	-3742.000
CO .CO	.	3.0235E+5	+INF	-6.694E-9
CO .CE	.	1.8176E+5	+INF	-6.640E-7
CO .SU	.	.	+INF	-1988.000
CO .OR	.	.	+INF	-2965.000
CO .PE	.	.	+INF	-3825.000
CE .NO	.	.	+INF	-1.147E+4
CE .NR	.	.	+INF	-4350.000
CE .NE	.	.	+INF	-5303.000
CE .CO	.	.	+INF	-2316.000
CE .CE	.	1.7355E+5	+INF	3.0553E-7
CE .SU	.	.	+INF	-1560.000

CE .OR	.	.	+INF	-2409.000
CE .PE	.	.	+INF	-3275.000
SU .NO	.	.	+INF	-1.197E+4
SU .NR	.	.	+INF	-4863.000
SU .NE	.	.	+INF	-5687.000
SU .CO	.	.	+INF	-2744.000
SU .CE	.	8050.428	+INF	-4.752E-7
SU .SU	.	2.1928E+5	+INF	-8.909E-7
SU .OR	.	.	+INF	-1197.000
SU .PE	.	.	+INF	-1447.000
OR .NO	.	.	+INF	-1.208E+4
OR .NR	.	.	+INF	-4895.000
OR .NE	.	.	+INF	-5371.000
OR .CO	.	.	+INF	-2872.000
OR .CE	.	1.1244E+5	+INF	6.985E-10
OR .SU	.	.	+INF	-348.000
OR .OR	.	1.6943E+5	+INF	-1.455E-6
OR .PE	.	51511.096	+INF	1.7526E-7
PE .NO	.	.	+INF	-1.716E+4
PE .NR	.	.	+INF	-1.000E+4
PE .NE	.	.	+INF	-1.052E+4
PE .CO	.	.	+INF	-7987.000
PE .CE	.	.	+INF	-5121.000

PE .SU	.	.	+INF	-4853.000
PE .OR	.	.	+INF	-4255.000
PE .PE	.	38665.544	+INF	1.5110E-6
PI1.NO	.	.	+INF	-7629.000
PI1.NR	.	.	+INF	-70.000
PI1.NE	.	1.5544E+5	+INF	-1.296E-6
PI1.CO	.	.	+INF	-735.000
PI1.CE	.	26371.546	+INF	-5.867E-7
PI1.SU	.	.	+INF	-1948.000
PI1.OR	.	.	+INF	-2558.000
PI1.PE	.	.	+INF	-3505.000
PI2.NO	.	.	+INF	-463.000
PI2.NR	.	19507.235	+INF	4.0745E-9
PI2.NE	.	.	+INF	-2316.000
PI2.CO	.	.	+INF	-864.000
PI2.CE	.	.	+INF	-1060.000
PI2.SU	.	.	+INF	-3129.000
PI2.OR	.	.	+INF	-4060.000
PI2.PE	.	.	+INF	-4909.000

LOWER LEVEL UPPER MARGINAL

---- VAR Z -INF 1.353E+13 +INF .

Z Valor Social Neto

**** REPORT SUMMARY : 0 NONOPT

0 INFEASIBLE

0 UNBOUNDED

0 ERRORS

General Algebraic Modeling System

Execution

---- 98 VARIABLE X.L Cantidad producida en i

NO 275533.445, NR 323452.273, NE 62184.917, CO 484112.276

CE 173549.448, SU 227327.482, OR 333379.332, PE 38665.544

PI1 181813.228, PI2 19507.235

---- 98 VARIABLE Y.L Cantidad consumida en j

NO 205969.720, NR 216623.747, NE 155441.682, CO 371915.462

CE 690695.321, SU 219277.054, OR 169425.554, PE 90176.640

---- 98 VARIABLE F.L Envios de i a j

NO	NR	NE	CO	CE	SU
----	----	----	----	----	----

NO 205969.720 69563.725
NR 197116.513 126335.761
NE 62184.917
CO 302351.737 181760.539
CE 173549.448
SU 8050.428 219277.054
OR 112442.682
PI1 155441.682 26371.546
PI2 19507.235

+ OR PE

OR 169425.554 51511.096
PE 38665.544

EXECUTION TIME = 0.000 SECONDS 3 MB 24.4.2 r51415 WIN-VS8

USER: Rafael Mendoza

N150302:1401AO-WIN

Universidad Autonoma Del Estado De Mexico, Centro UivesitaDC11618

License for teaching and research at degree granting institutions

**** FILE SUMMARY

Input C:\Users\Samuel\Documents\gamssdir\projdir\BOVINOS
2023\BOVINOS_MODELO
_BASE_2023.gms

Output
C:\Users\Samuel\Documents\gamssdir\projdir\BOVINOS_MODELO_BASE_2023.ls

t

