



## Logística de producción de miel en México y su mercado nacional



Reyna Azucena Luna-Olea <sup>a</sup>

José Miguel Omaña-Silvestre <sup>a\*</sup>

Juan Manuel Quintero-Ramírez <sup>a</sup>

Irving César Farrera-Vázquez <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Posgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática-Economía. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

<sup>b</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), México.

\*Autor de correspondencia: miguelom@colpos.mx

### Resumen:

La miel es un recurso estratégico de gran importancia a nivel mundial, tanto desde el punto de vista nutricional como cultural, y México se posiciona como uno de los principales productores y exportadores globales, con más de 58,000 t producidas en 2023. A pesar de su liderazgo en la producción, el sector apícola mexicano enfrenta serios desafíos logísticos, especialmente en la distribución interna, donde la ineficiencia en las rutas de transporte genera pérdidas económicas considerables, afectando particularmente a los pequeños productores. Estos problemas logísticos limitan la capacidad del sector para satisfacer la creciente demanda interna de miel de calidad, lo que afecta tanto la competitividad como la rentabilidad del sector. En este contexto, este estudio propone un modelo de optimización basado en programación lineal, cuyo objetivo es identificar las rutas de distribución más eficientes entre los estados productores y consumidores dentro de México. El modelo toma en cuenta variables clave como las capacidades de oferta y demanda regionales y los costos de transporte, con el fin de maximizar el uso de los recursos disponibles. La implementación

de este enfoque tiene el potencial de mejorar significativamente la competitividad del sector apícola, aumentando los márgenes de ganancia para los productores y facilitando el acceso a mercados locales y nacionales, lo cual contribuiría a satisfacer la creciente demanda de miel natural y de calidad.

**Palabras clave:** Apicultura, Optimización, Costos logísticos, Distribución, Programación lineal.

Recibido: 20/11/2024

Aceptado: 21/05/2025

## Introducción

La miel, un recurso de extraordinario valor nutricional y cultural, ha sido un pilar en la dieta y economía mexicana desde tiempos prehispánicos<sup>(1)</sup>. México produce más de 58 mil toneladas anuales, lo que lo posiciona como el séptimo productor mundial<sup>(2)</sup> y un importante exportador de este alimento<sup>(3)</sup>. Destacan las regiones de Yucatán, Chiapas y Jalisco como las principales zonas productoras<sup>(4)</sup>.

La creciente demanda de miel está impulsada por consumidores que prefieren productos naturales y saludables<sup>(5,6)</sup>, y que buscan alternativas al azúcar refinada<sup>(7)</sup>. No obstante, el sector debe cumplir con estrictas normas de seguridad y trazabilidad<sup>(8,9)</sup>, para garantizar la calidad y competitividad del producto en los mercados internacionales.

La apicultura no es solo una actividad económica dentro del sector pecuario; también representa un medio de subsistencia para numerosas comunidades rurales y un elemento esencial de la cultura local<sup>(10)</sup>. Además de su papel como fuente de ingresos para comunidades rurales, esta actividad fomenta prácticas agrícolas sostenibles, como el polinizado de cultivos y la conservación de la biodiversidad, aportando beneficios ambientales significativos<sup>(11)</sup>.

Los altos costos del transporte de la miel constituyen una barrera significativa para los pequeños productores, quienes deben lidiar con dificultades logísticas para acceder a mercados más amplios<sup>(12)</sup>. Las deficiencias en la infraestructura vial y los problemas logísticos<sup>(13)</sup> prolongan los tiempos de entrega, agravando aún más la situación. Además, la variabilidad en las tarifas logísticas, presentes en otros sectores<sup>(14)</sup>, afecta la competitividad y eficiencia de las cadenas de suministro apícolas.

Pacheco-López *et al*<sup>(15)</sup> y Moguel Ordoñez *et al*<sup>(16)</sup>, destacan que la falta de tecnologías adecuadas para el transporte limita la capacidad de los pequeños productores para mantener la calidad de la miel durante el traslado, lo que repercute negativamente en su competitividad y acceso a mercados más exigentes.

La optimización logística permite modelar problemas complejos y encontrar soluciones que minimicen costos o maximicen utilidades<sup>(17)</sup>. A través de modelos matemáticos y algoritmos computacionales, es posible procesar grandes volúmenes de datos y analizar diversos escenarios<sup>(18)</sup>. El objetivo es aplicar estrategias que optimicen los recursos y equilibren oferta y demanda. El modelo de transporte, enfoque de la programación lineal, es clave para minimizar costos de transporte y cumplir con las restricciones de oferta y demanda<sup>(19)</sup>.

Este estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo de optimización para la distribución de miel en el mercado nacional, que permita a los productores mejorar su logística y maximizar el valor de su producto. El modelo busca optimizar el transporte desde las zonas de producción hacia las regiones del país, reduciendo los costos operativos. Dado que las áreas productoras están alejadas de los principales centros de consumo, el costo de transporte impacta directamente en el precio final al consumidor. Al identificar de manera precisa las zonas de oferta y demanda, el modelo facilitará rutas de distribución más eficientes, reduciendo costos y mejorando la asignación de la producción a nivel nacional.

## **Material y métodos**

En el entorno complejo de los mercados agroalimentarios, optimizar el transporte de productos es clave para garantizar un suministro eficiente. Este estudio se enfoca en un modelo de programación lineal diseñado para mejorar la distribución de miel en un mercado abierto. Al considerar tanto la producción como el consumo nacional, el modelo excluye las cantidades destinadas a la industria y las mermas, ofreciendo así un enfoque claro sobre el abastecimiento.

El modelo se formula definiendo con precisión las variables de decisión, que incluyen la función objetivo y las restricciones vinculadas a la oferta y la demanda. La función objetivo se basa en los costos de transporte entre cada origen y destino, lo que permite identificar las rutas más rentables para la distribución.

Las restricciones de oferta representan las capacidades de producción de cada origen, mientras que las restricciones de demanda responden a las necesidades específicas de los destinos. Este enfoque asegura una asignación eficiente de recursos, garantizando que la miel llegue a los consumidores en el momento y lugar adecuados.

La información utilizada en este análisis proviene del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), que proporciona datos sobre la producción de miel a nivel estatal y por ciclo. Además, se complementaron con estadísticas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

Una vez identificados los orígenes, las cantidades disponibles y los destinos de la miel demandada, se procede a la formulación del modelo. Según dicho modelo, las variables se definen de la siguiente manera: con  $m$  orígenes y  $n$  destinos. La cantidad de la oferta en el origen  $i$  se denota como  $E_i$  mientras que la demanda en el destino  $j$  se expresa como  $D_j$ . El costo de transporte unitario entre el origen  $i$  y el destino  $j$  es  $C_{ij}$ , y finalmente,  $X_{ij}$  representa la cantidad transportada desde el origen  $i$  al destino  $j$ .

Al determinar las cantidades de oferta y demanda de cada estado de la República Mexicana, la expresión  $X_{mn}$  corresponde a cada una de las restricciones, mientras que los costos de transporte entre los orígenes y los destinos se representan por  $C_{ij}$ . En el diseño del modelo la función objetivo se representa usando la Ecuación 1:

$$Y = \sum_i^m \sum_j^n C_{ij} X_{ij} \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

$$X_{ij} \geq 0;$$

$i = 1, 2, \dots, m$  (regiones productoras);

$j = 1, 2, \dots, n$  (regiones consumidoras).

La función objetivo se expresa como la Ecuación 2:

$$\text{Min } Y = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{mn}X_{mn} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

$Y$  = valor de la función objetivo;

$C_{ij}$  = costo unitario de transporte desde el centro productor  $i$  al centro consumidor  $j$ ;

$X_{ij}$  = número de unidades destinadas desde el centro productor  $i$  al centro consumidor  $j$ ;

$X_{11}$  = representa la cantidad transportada desde el origen 1 al destino 1;

$X_{12}$  = representa la cantidad transportada desde el origen 1 al destino 2.

Así sucesivamente hasta  $X_{mn}$  que es la cantidad transportada desde el origen  $m$  al destino  $n$ . Con estas definiciones, se formulan las siguientes restricciones que condicionan la función objetivo.

Restricciones de Oferta:

$$X_{11}+X_{12}+\dots\dots\dots+X_{1n} \leq E_1$$

$$X_{21}+X_{22}+\dots\dots\dots+X_{2n} \leq E_2$$

.....

.....

$$X_{m1}+X_{m2}+\dots\dots\dots+X_{mn} \leq E_m$$

Estas restricciones indican que la producción de cada centro no debe exceder la demanda, enviando solo la cantidad solicitada por los centros consumidores.

Restricciones de Demanda:

$$X_{11}+X_{21}+\dots\dots\dots+X_{m1} = D_1$$

$$X_{12}+X_{22}+\dots\dots\dots+X_{m2} = D_2$$

.....

.....

$$X_{1n}+X_{2n}+\dots\dots\dots+X_{mn} = D_n$$

Estas restricciones aseguran que la cantidad enviada desde los diferentes centros productores coincida exactamente con la demanda de cada centro consumidor. El sistema de ecuaciones resultante es un conjunto de  $m+n$  ecuaciones con  $m \times n$  incógnitas.

En las restricciones de oferta,  $X_{ij}$  representa la cantidad transportada desde el origen  $i$  al destino  $j$ , mientras que  $E_i$  es la oferta en el origen  $i$ , que debe ser igual o mayor que la demanda de los centros consumidores.

En las restricciones de demanda,  $X_{ij}$  representa la cantidad que recibirá el destino  $j$  desde el origen  $i$ , y  $D_j$  es la demanda en el centro consumidor  $j$ . Este modelo refleja una situación en la que la oferta total supera la demanda (Ecuación 3). En una economía cerrada, la diferencia entre oferta y demanda se procesa o industrializa, ya que no se recurre al mercado abierto.

$$Y = \sum_{i=1}^m E_i > \sum_{j=1}^n D_j \text{ (Ecuación 3)}$$

### Datos

El análisis de la producción nacional de miel en 2020 incluyó los 31 estados y la Ciudad de México. Para calcular el superávit o déficit en la producción de este producto, se utilizaron exclusivamente los datos estadísticos proporcionados por el SIAP<sup>(4)</sup>, lo que permitió obtener una evaluación detallada de la situación productiva en el país.

Por otro lado, para comprender la dinámica poblacional en México, se utilizaron los datos del Censo de Población y Vivienda 2020, proporcionados por el INEGI<sup>(20)</sup>. Esta información permitió contextualizar la distribución y características de la población en el país, brindando una base sólida para el análisis y consumo de miel.

Debido a los pocos datos oficiales más recientes al momento de la evaluación, se optó por utilizar el Censo de Población y Vivienda de 2020 del INEGI, junto con los datos del SIAP de 2020, en lugar de las proyecciones de INEGI. Esta decisión se tomó porque el Censo de Población y Vivienda, al ser un conteo exhaustivo y directo, ofrece datos más precisos y confiables que las proyecciones, que se basan en estimaciones y supuestos. De este modo, se garantizó la coherencia y fiabilidad del análisis sobre la producción y el consumo de miel, sin comprometer la integridad del estudio.

El Consumo Nacional Aparente (CNA) se calculó sumando la producción nacional de miel<sup>(4)</sup>, las importaciones y restando las exportaciones<sup>(3)</sup>, lo que permitió obtener una estimación del consumo total de miel en el país. Para obtener el consumo per cápita, este CNA se dividió entre la población total de México, proporcionando una medida del consumo promedio de miel por persona. Finalmente, para estimar el consumo estatal, se multiplicó el consumo per cápita por el número de habitantes de cada entidad federativa<sup>(21)</sup>, lo que permitió obtener datos más precisos sobre el consumo de miel en cada estado, reflejando las diferencias regionales en la demanda de este producto.

Para calcular el costo de transporte por carretera de camiones con capacidad de 25 t, se utilizó el Índice de precios en el transporte por carretera<sup>(22)</sup>, que en 2012 registraba un costo de 1.301 euros (€) por kilómetro cargado. Este valor fue convertido a pesos mexicanos (\$MXN), utilizando el tipo de cambio correspondiente. Posteriormente, se aplicó un factor de actualización para ajustar el costo al año 2020, resultando en un valor de \$30.46 MXM por kilómetro.

El costo total de transporte se calculó multiplicando este valor por la distancia entre el estado oferente y el demandante. Además, se consideraron los costos de las casetas, que, aunque corresponden al año actual, fueron actualizadas a su valor nominal de 2020<sup>(23)</sup>. Finalmente, el total de los costos de transporte y casetas se dividió entre las 25 t de carga, lo que permitió calcular el costo por tonelada de miel transportada.

A partir de los costos por tonelada de miel transportada, se construyó una matriz de costos que incluye tanto a los estados oferentes como a los estados demandantes, detallando el costo de transporte desde cada oferente hacia cada demandante. Con esta matriz, se formuló la función objetivo y se establecieron las restricciones correspondientes, que tomaron en cuenta los volúmenes de miel disponibles para ofertar y demandar en cada estado.

Se desarrolló un modelo de minimización de costos utilizando el software Lindo (Linear Interactive Discrete Optimizer) V. 6.1. Con los resultados obtenidos, se generó una matriz de distribución, que indica la cantidad de miel que se distribuirá según el estado oferente y demandante que optimizan los costos de transporte.

## **Resultados y discusión**

En 2020, México produjo un total de 54,165.27 t de miel, superando significativamente tanto la cantidad destinada a la industria (7,020 t) como la cantidad exportada (22,617.56 t). Esto generó un superávit de 24,527.71 t, lo que refleja una producción considerablemente superior a la demanda interna. Gracias a este excedente, México se consolidó como uno de los principales productores y exportadores de miel a nivel mundial, aprovechando su sobrante para abastecer mercados internacionales<sup>(3)</sup>.

En cuanto al consumo, el promedio per cápita en México fue de 194.6 g, tomando como base una población de 126'014,024 habitantes. A pesar de la alta producción, el consumo individual resultó relativamente bajo en comparación con otros países como Grecia, Alemania, Suiza y Estados Unidos, donde se supera el kilogramo por habitante<sup>(24)</sup>.

En el Cuadro 1 se presentan los datos de producción, consumo, oferta y demanda de miel de diversos estados de México. Estos se dividen en dos grupos principales: estados oferentes y demandantes. Los estados oferentes son aquellos cuya producción supera su consumo interno, lo que les permite generar una oferta adicional para abastecer a otros estados. Por otro lado, los estados demandantes son aquellos cuya producción no cubre completamente su consumo, lo que los convierte en demandantes de miel de otras entidades para satisfacer sus necesidades de consumo.

**Cuadro 1:** Estados oferentes y demandantes de miel en México 2020

<b>Estado</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Consumo estatal (t)</b>	<b>Oferta estatal (t)</b>	<b>Demanda estatal (t)</b>	<b>Grupo</b>
Jalisco	6,059.15	1,624.91	3,648.96	0.00	Oferente
Yucatán	5,528.61	451.75	4,360.34	0.00	Oferente
Chiapas	5,434.49	1,079.07	3,651.10	0.00	Oferente
Campeche	5,374.51	180.70	4,497.26	0.00	Oferente
Veracruz	4,645.22	1,569.32	2,473.86	0.00	Oferente
Oaxaca	4,592.29	804.29	3,192.82	0.00	Oferente
Puebla	2,449.60	1,281.39	850.74	0.00	Oferente
Quintana Roo	2,132.78	361.64	1,494.72	0.00	Oferente
Michoacán	2,041.85	924.33	852.89	0.00	Oferente
Guerrero	1,963.35	689.17	1,019.72	0.00	Oferente
Morelos	1,954.24	383.74	1,317.22	0.00	Oferente
Zacatecas	1,881.38	315.74	1,321.81	0.00	Oferente
Hidalgo	1,398.97	600.05	617.61	0.00	Oferente
San Luis Potosí	1,145.46	549.33	447.67	0.00	Oferente
Aguascalientes	517.94	277.48	173.33	0.00	Oferente
Colima	494.34	142.36	287.91	0.00	Oferente
Durango	471.54	356.71	53.71	0.00	Oferente
Nayarit	460.27	240.47	160.14	0.00	Oferente
Tlaxcala	454.02	261.40	133.78	0.00	Oferente
B. C. S.	201.66	155.41	20.11	0.00	Oferente
Edo. México	876.05	3,307.45	0.00	2,544.94	Demandante
Tamaulipas	708.88	686.65	0.00	69.64	Demandante
Guanajuato	654.08	1,200.35	0.00	631.04	Demandante
Chihuahua	637.24	728.33	0.00	173.68	Demandante
Sonora	565.58	573.19	0.00	80.91	Demandante
Tabasco	405.02	467.65	0.00	115.12	Demandante
B. C.	297.93	733.61	0.00	474.29	Demandante
Nuevo León	257.72	1,125.90	0.00	901.58	Demandante
Coahuila	222.33	612.50	0.00	418.98	Demandante
Sinaloa	179.35	589.17	0.00	433.07	Demandante
Cd. de México	96.10	1,792.65	0.00	1,709.00	Demandante
Querétaro	63.36	461.00	0.00	405.86	Demandante

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, 2020.

El superávit permite que entidades como Jalisco, Yucatán y Chiapas puedan ofertar miel a otras regiones. En contraste, los estados consumidores enfrentan un déficit, ya que su consumo total asciende a 12,278.45 t, superando su capacidad de producción interna. La demanda de estos estados llega a 7,958.11 t, lo que refleja una alta dependencia del

abastecimiento de miel de otros estados, especialmente en lugares como Ciudad de México, Nuevo León y Estado de México, que deben comprar miel para satisfacer sus necesidades.

Si bien este estudio se sustenta en datos correspondientes al año 2020, considerado un periodo con información consolidada y metodológicamente comparable, es pertinente señalar que en los años subsiguientes se han identificado tendencias emergentes de relevancia para el análisis del sector apícola. Informes preliminares emitidos por el SIAP reportan una ligera contracción en los niveles de producción nacional de miel durante 2021 y 2022<sup>(4)</sup>. Esta disminución ha sido atribuida a la concurrencia de factores climáticos adversos, particularmente sequías prolongadas en zonas estratégicas de producción, así como a problemáticas sanitarias que han comprometido la salud de las colmenas.

De mantenerse estas tendencias, se anticipa una posible reducción del superávit nacional de miel, lo cual generaría una presión adicional sobre los sistemas logísticos internos. Este escenario refuerza la necesidad de fortalecer y optimizar las redes de distribución, con el objetivo de maximizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad del sistema productivo y comercial.

El Cuadro 2 presenta los costos de transporte, expresados en pesos por tonelada, entre 20 estados de origen (oferentes) y los 12 estados de destino (demandantes) en México. Dichos costos están directamente correlacionados con las distancias recorridas y las características de infraestructura de las rutas, lo que implica que las variaciones observadas reflejan tanto los trayectos recorridos como las condiciones específicas de cada vía de transporte.

**Cuadro 2:** Costos de transporte por tonelada transportada de origen a destino (MXM\$/t)

<i>i/j</i>	BC	Chih	CMx	Coa	Mex	Gto	NL	Qro	Sin	Son	Tab	Tam
<b>Ags</b>	2,925	1,236	682	601	669	243	858	395	1,225	2,068	1,657	646
<b>BCS</b>	2,017	3,545	5,361	4,511	5,253	5,006	4,596	5,108	3,754	2,877	6,336	4,979
<b>Cam</b>	4,799	3,302	1,484	2,529	1,572	1,948	2,595	1,746	3,099	3,943	484	2,005
<b>Chia</b>	4,432	2,935	1,117	2,162	1,205	1,582	2,228	1,380	2,733	3,576	313	1,638
<b>Col</b>	2,853	1,798	977	1,258	869	622	1,319	724	1,153	1,997	1,952	1,107
<b>Dur</b>	2,340	923	1,136	708	1,085	773	793	858	641	1,484	2,111	1,011
<b>Gro</b>	3,652	2,266	360	1,418	383	837	1,479	636	1,952	2,796	1,237	1,267
<b>Hid</b>	3,349	1,852	126	1,079	244	499	1,140	297	1,650	2,493	1,009	928
<b>Jal</b>	2,615	1,551	723	1,012	622	375	1,078	469	916	1,759	1,706	860
<b>Mic</b>	2,991	1,670	410	964	302	241	1,025	268	1,291	2,134	1,385	807
<b>Mor</b>	3,388	1,946	116	1,173	141	593	1,234	391	1,688	2,531	1,011	1,022
<b>Nay</b>	2,347	1,578	991	1,364	883	636	1,333	738	648	1,491	1,966	1,121
<b>Oax</b>	3,940	2,442	625	1,670	713	1,089	1,736	887	2,240	3,083	1,062	1,518
<b>Pue</b>	3,497	2,000	182	1,227	270	646	1,288	445	1,798	2,641	825	949
<b>QRoo</b>	5,020	3,523	1,705	2,750	1,793	2,170	2,811	1,968	3,321	4,164	706	2,226
<b>SLP</b>	2,840	1,315	527	553	475	230	614	249	1,379	2,222	1,502	402
<b>Tlx</b>	3,480	1,983	175	1,210	263	629	1,271	427	1,780	2,623	863	881
<b>Ver</b>	3,749	2,232	415	1,460	522	879	1,540	677	2,050	2,893	720	879
<b>Yuc</b>	4,992	3,494	1,677	2,722	1,765	2,141	2,788	1,939	3,292	4,135	677	2,197
<b>Zac</b>	2,715	1,080	837	446	824	399	531	550	1,015	1,859	1,812	636

*MXM\$/t*: Pesos mexicanos por tonelada; *i*: Origen; *j*: Destino; BC: Baja California; Chih: Chihuahua; CMx: Ciudad de México; Coa: Coahuila; Mex: Estado de México; Gto: Guanajuato; NL: Nuevo León; Qro: Querétaro; Sin: Sinaloa; Son: Sonora; Tab: Tabasco; Tam: Tamaulipas; Ags: Aguascalientes; BCS: Baja California Sur; Cam: Campeche; Chia: Chiapas; Col: Colima; Dur: Durango; Gro: Guerrero; Hid: Hidalgo; Jal: Jalisco; Mic: Michoacán; Mor: Morelos; Nay: Nayarit; Oax: Oaxaca; Pue: Puebla; QRoo: Quintana Roo; SLP: San Luis Potosí; Tlx: Tlaxcala; Ver: Veracruz; Yuc: Yucatán; Zac: Zacatecas.

En general, los costos de transporte son más altos en rutas de mayor distancia o en áreas con infraestructuras menos desarrolladas. Por el contrario, las rutas más cortas o aquellas que conectan estados con mejores infraestructuras tienden a ser más económicas. Esto indica que, además de la distancia, la calidad de la infraestructura vial impacta significativamente en los costos de transporte.

También se observa que las regiones del norte y sur del país tienen costos elevados en sus rutas hacia el centro y sureste, lo que sugiere que las infraestructuras en estas zonas periféricas son menos eficientes. En cambio, las rutas que conectan los estados del centro y Bajío con áreas cercanas tienen costos más bajos, reflejando una mejor conectividad y eficiencia.

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el software LINDO, versión 6.1, la solución óptima establece las cantidades de miel que deben ser distribuidas desde cada origen

(*i*) hacia cada destino (*j*), con el objetivo de minimizar los costos de transporte. Esta distribución se calcula bajo las condiciones de un mercado cerrado, tal como se presenta en el Cuadro 3, lo que garantiza una asignación eficiente de la miel en términos logísticos y de costos.

**Cuadro 3:** Distribución óptima de modelo cerrado

<i>i/j</i>	BC	Chih	CMx	Coa	Mex	Gto	NL	Qro	Sin	Son	Tab	Tam
<b>Ags</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	173.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>BCS</b>	20.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Cam</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Chia</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	115.1	0.0
<b>Col</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Dur</b>	0.0	53.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Gro</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	1,019.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Hid</b>	0.0	0.0	617.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Jal</b>	454.2	0.0	0.0	0.0	0.0	66.2	0.0	0.0	353.8	0.0	0.0	0.0
<b>Mic</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	314.9	391.5	0.0	146.6	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Mor</b>	0.0	0.0	106.9	0.0	1,210.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Nay</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.2	80.9	0.0	0.0
<b>Oax</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Pue</b>	0.0	0.0	850.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>QRoo</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>SLP</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	118.7	259.3	0.0	0.0	0.0	69.6
<b>Tlx</b>	0.0	0.0	133.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Ver</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Yuc</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Zac</b>	0.0	120.0	0.0	419.0	0.0	0.0	782.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*i*: Origen; *j*: Destino; BC: Baja California; Chih: Chihuahua; CMx: Ciudad de México; Coa: Coahuila; Mex: Estado de México; Gto: Guanajuato; NL: Nuevo León; Qro: Querétaro; Sin: Sinaloa; Son: Sonora; Tab: Tabasco; Tam: Tamaulipas; Ags: Aguascalientes; BCS: Baja California Sur; Cam: Campeche; Chia: Chiapas; Col: Colima; Dur: Durango; Gro: Guerrero; Hid: Hidalgo; Jal: Jalisco; Mic: Michoacán; Mor: Morelos; Nay: Nayarit; Oax: Oaxaca; Pue: Puebla; QRoo: Quintana Roo; SLP: San Luis Potosí; Tlx: Tlaxcala; Ver: Veracruz; Yuc: Yucatán; Zac: Zacatecas.

En los resultados, algunos estados son los principales orígenes de miel, enviando grandes cantidades a otros destinos, mientras que otros no asignan miel a ningún destino en el modelo. Esto no indica una menor capacidad de producción en esos estados, sino que es resultado de un proceso de optimización para reducir costos de transporte.

Por ejemplo, Aguascalientes distribuye 173.3 t de miel a Guanajuato, mientras que Baja California Sur envía 20.1 t a Baja California. De manera similar, Guerrero e Hidalgo tienen asignaciones significativas hacia Ciudad de México, con 1,019.7 t y 617.6 t, respectivamente. Este patrón sugiere que los destinos con mayor demanda, como Ciudad de México y Estado

de México, reciben grandes cantidades de miel desde diversos orígenes, lo cual refleja la alta demanda en estas áreas metropolitanas.

Por otro lado, estados como Yucatán, Campeche, Veracruz, Oaxaca, Quintana Roo y Colima no tuvieron asignaciones de miel dentro del modelo, lo que podría explicarse por los costos de transporte elevados asociados con estos orígenes. Dado que el objetivo del modelo es minimizar los costos logísticos totales, las asignaciones se distribuyen preferentemente desde los orígenes con menores costos hacia los destinos con mayor demanda. La ausencia de asignaciones desde estos estados no implica necesariamente que tengan una menor capacidad de producción, sino que los costos de traslado hacia los destinos considerados son más altos en comparación con otros orígenes, lo que hace que no sea económicamente viable realizar estos envíos.

La asignación mencionada en el párrafo anterior en los estados de Yucatán, Campeche, Veracruz, Oaxaca, Quintana Roo y Colima indica una sobreproducción (16,307 t) frente a la demanda nacional, lo que ha llevado a estos estados a exportar la mayor parte de su producción. Así, se han convertido en exportadores debido al excedente de miel. De manera similar, el exceso de miel en Jalisco y Chiapas (6,311 t), no destinado a la demanda interna, refleja una oferta superior a las necesidades nacionales. En este contexto, abrir nuevos mercados internacionales o mejorar las condiciones logísticas de transporte podría permitir a estos estados aprovechar su excedente, abasteciendo mercados externos con una demanda mayor y costos logísticos más competitivos.

Además de su relevancia económica, la optimización logística tiene implicaciones ambientales de gran magnitud. En particular, la reducción de los costos de transporte no solo disminuye el gasto económico, sino que también contribuye a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esto se debe a la correlación directa entre el consumo de combustible y la distancia recorrida por tonelada transportada. Por ejemplo, en rutas donde el modelo asigna miel desde orígenes cercanos o con mejor infraestructura hacia los centros de demanda, se logra una reducción indirecta en la huella de carbono. De manera similar, la eliminación de recorridos innecesarios o ineficientes contribuye a minimizar el impacto ambiental asociado al uso de vehículos de carga.

Este tipo de análisis es fundamental para el diseño de sistemas de abastecimiento más sostenibles, especialmente en el contexto de la creciente preocupación global por el cambio climático y la necesidad de transitar hacia modelos de economía circular. Sin embargo, es importante reconocer que cualquier sistema logístico implica ciertos impactos ambientales. En consecuencia, estudios futuros podrían ampliar el análisis actual mediante herramientas como el análisis de ciclo de vida (ACV) o evaluaciones detalladas de emisiones, considerando variables tales como el tipo de transporte utilizado, la eficiencia energética de las flotas y las condiciones del parque vehicular en cada región.

## Conclusiones e implicaciones

En 2020, México experimentó un excedente de 24,527 t de miel, consolidándose como uno de los principales productores y exportadores a nivel mundial. Sin embargo, el consumo interno se mantiene bajo, con un promedio de 194.6 g per cápita, lo que indica que, a pesar de la alta producción, la miel no se aprovecha completamente en el mercado nacional. Aunque existen variaciones en la producción entre estados, es importante reconocer que factores como las condiciones ambientales, el tipo de vegetación y las características de los productores influyen significativamente en la cantidad de miel generada en cada región. Por ejemplo, estados como Jalisco, Yucatán y Chiapas tienen condiciones favorables para una mayor producción de miel, mientras que otras entidades, como la Ciudad de México, dependen en gran medida de la miel importada. Esto refleja un mercado fragmentado, en el que los altos costos logísticos, especialmente en regiones periféricas con infraestructura limitada, afectan tanto el consumo interno como la competitividad internacional. El modelo de distribución óptima revela que las rutas de transporte más económicas concentran los envíos, lo que genera disparidades en la distribución. Para mejorar la competitividad, es esencial optimizar las infraestructuras de transporte, reducir los costos logísticos y facilitar el acceso a los mercados tanto nacionales como internacionales. Los estados con excedentes tienen potencial para aumentar su participación en el comercio global, especialmente si se mejoran las rutas de exportación y se incentiva la competitividad de los productores. A largo plazo, la inversión en infraestructura y la reducción de barreras logísticas podrían abrir oportunidades en mercados internacionales de alta demanda, fortaleciendo las exportaciones de miel mexicana.

### Literatura citada:

1. Sánchez CJE. Desarrollo sostenible de zonas áridas y semiáridas frente al cambio climático. 1.<sup>a</sup> ed. Durango, México; 2019.
2. Food and Agriculture Organization Statistics. Producción de miel natural en el Mundo. 2022. Consultado 6 Oct, 2024. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
3. International Trade Center. Países importadores y exportadores de miel en el Mundo, 2023. Consultado 30 Mar, 2025. <https://www.trademap.org/>.
4. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción de miel en México, 2023 Consultado 29 Mar, 2025. [http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos\\_p.php](http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_p.php).
5. Verde MM. Apicultura y seguridad alimentaria. Rev Cuba Cienc Agríc 2014;48(1):25–31.

6. Urzúa EEJ. Análisis del mercado de miel de abeja y derivados. En: Alvarado OC, Ariel VE, editores. Producción y valor de la miel en Jalisco: mercado, actores y oportunidades. México: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. / Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; 2021.
7. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas. Atlas Nacional de las Abejas y Derivados Apícolas 2021. Consultado 6 Oct, 2024. <https://atlas-abejas.agricultura.gob.mx/index.html>.
8. Hernández GZ, Bentabol MA, Modino GD, García CP, Esparza MMR. Guía de prácticas correctas de higiene para el sector de la miel. Casa de la Miel. Tenerife; 2005.
9. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones. 2020.
10. Bradbear N. La apicultura y los medios de vida sostenibles [folleto]. Roma; 2005. Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura, FAO; 2005. ISBN 92-5-305074-8. ISSN 1813-601X.
11. IPBES. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Potts GS, *et al*, editores. Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services; 2016.
12. Kjöllnerström M. Liberalización comercial agrícola con costos de transporte y transacción elevados: evidencia para América Latina. Santiago de Chile. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); 2004. (Desarrollo Productivo). ISSN 1680-8754.
13. Villca GV. Caracterización socio-económica de la producción de miel de abeja (*Apis mellifera*) en el municipio de Quime. Rev Ing Agronóm 2017;3(1):63–77.
14. Singla S, Panwar A, Rana A, Siddique MZ, Patel S, Gupta R. Unveiling the digital orchard: How online sales and exportation are transforming the dried fruit industry. In: Int Conf Emerging Innov Advan Computing (INNOCOMP). Sonipat, India: IEEE; 2024.
15. Pacheco-López N, Ayora-Talavera TR, García-Cruz N, Ginzález-Flores T, Patrón-Vázquez J, Sánchez-Contreras Á, *et al*. Características fisicoquímicas, sensoriales y técnicas analíticas en la calidad de la miel. En: Ramoz Díaz AL, Pacheco López NA, editores. Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: Desafíos y oportunidades para la exportación. 1a ed. Yucatán México: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco AC; 2017:68–96.

16. Moguel OYB, Echazarreta GC, Mora ER. Calidad fisicoquímica de la miel de abeja *Apis mellifera* producida en el estado de Yucatán durante diferentes etapas del proceso de producción y tipos de floración. *Téc Pecu Méx* 2005;43(3):323–334.
17. Santos HBL. Gestión del conocimiento y sostenibilidad en la gestión de la cadena de suministro: revisión de literatura. *Telos* 2022;24(3):1–7.
18. Bielli M, Bielli A, Rossi R. Trends in models and algorithms for fleet management. *Procedia Soc Behav Sci* 2011;20:4–18.
19. Taha HA. *Investigación de Operaciones*. 9a ed. México: Pearson Educación de México, SA de CV; 2012.
20. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Censo de Población y Vivienda 2020. Consultado 10 Dic, 2023. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>.
21. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Censo de población y vivienda 2020., México Consultado 14 Oct, 2021. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html>.
22. Moreno QE. Índices de precios en el transporte por carretera. Sanfandila, Qro; 2014. (Publicación Técnica; no. 424). ISSN 0188-7297.
23. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Rutas punto a punto, 2024. Consultado 7 Oct, 2024. [https://app.sct.gob.mx/sibuac\\_internet/ControllerUI?action=cmdEscogeRuta](https://app.sct.gob.mx/sibuac_internet/ControllerUI?action=cmdEscogeRuta).
24. González-Flores T, Fabela-Morón MF, Pacheco-López N, Sánchez-Contreras Á. Consumo de miel en fresco y sus diferentes aplicaciones. En: Ramos DAL, Pacheco LNA, editores. *Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: Desafíos y oportunidades para la exportación*. Mérida, México; 2016:143–65.