

## Análisis logístico de distribución de aguacate en el mercado mexicano: un enfoque de programación lineal

Juan Manuel Quintero-Ramírez<sup>1,§</sup>  
José Miguel Omaña-Silvestre<sup>2</sup>

1 Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación - Colegio de Postgraduados. Av. Insurgentes Sur 1 582, Colonia Crédito Constructor, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México, México.

2 Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

§Autor para correspondencia: [juan.quintero@secihti.mx](mailto:juan.quintero@secihti.mx).

### Resumen

El consumo en fresco del aguacate se ha incrementado en los últimos años y en México, se presenta un déficit de abastecimiento, lo que obliga a los estados excedentarios a redistribuir sus volúmenes hacia mercados deficitarios. Por ser un bien perecedero, su distribución debe realizarse de manera eficiente minimizando tiempos de transportación. Este estudio desarrolla una metodología integral con el Método Simplex para la planificación de comercializar aguacate en fresco, en un contexto de balanza comercial para mercado cerrado del año 2022. Con información de producción, población y exportación del fruto, la modelación busca optimizar la asignación de producto excedente hacia los mercados deficitarios, que minimice costos logísticos de transportación. El modelo propuesto analiza las rutas y recomienda cantidades óptimas a enviarse a cada mercado demandante anualmente, con el objetivo de equilibrar la oferta y la demanda de aguacate, garantizando su disponibilidad en tiempo y forma en los puntos de consumo final. El modelo determinó una oferta excedente de más de 1 110 000 t; los estados de Jalisco, Michoacán, Morelos y Nayarit abastecerían a estados demandantes de acuerdo con los costos de transportación que optimice su distribución.

### Palabras clave:

*Persea americana* Mill., demandante, logística, oferente.



## Introducción

El desarrollo de un modelo de transporte efectivo para distribuir aguacate en México es fundamental para optimizar los costos logísticos en el fortalecimiento de la cadena de suministro de productos en fresco. El aguacate es uno de los productos agrícolas más relevantes de México, con una producción de más de 2.5 millones de toneladas que representa 3 143 millones de dólares ( SIAP, 2023 ), que consolida al país como el principal productor y exportador mundial de este fruto ( SAGARPA, 2017 ).

Michoacán lidera la producción nacional de aguacate, destacan municipios como Uruapan, Tancítaro, Peribán, Tacámbaro, Nuevo Parangaricutiro, Salvador Escalante y Ario de Rosales ( Sánchez-Valdés y Sánchez-Rodríguez, 2021 ), seguido por Jalisco, Nayarit y Morelos ( FIRA, 2017 ).

Sin embargo, la dispersión geográfica de las zonas productoras y los desafíos asociados como la infraestructura, seguridad vial, reglamentación vehicular; entre otros, demandan el diseño de modelos firmes que permitan optimizar las rutas de translación y mejore la trazabilidad a los mercados demandantes.

Dado lo anterior, la distribución de aguacate en fresco debe de cuidar la calidad y conservar las características organolépticas en su transportación en la cadena de suministro, que garanticen los beneficios a la salud de los consumidores, como lo menciona Orjuela-Castro *et al.* (2017) . De acuerdo con estadísticas del Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP) en el 2022 (año de estudio de esta investigación), la producción total de aguacate en México fue de 2 540 715 t, destinando el 41% al mercado internacional y el resto se distribuye internamente ( SIACON, 2024 ).

La distribución del aguacate en territorio mexicano no es equitativa, mientras que algunas regiones tienen fácil acceso a este producto (zona urbana), otras enfrentan limitaciones en su disponibilidad (zona rural), lo que impide un consumo igualitario per cápita en todo el país ( Rubí-Arriaga *et al.* , 2019 ). Así también, los costos logísticos están directamente vinculados al desempeño y rentabilidad de la cadena de suministro y el conocer y gestionarlos es clave para mejorar la competitividad ( Orjuela-Castro *et al.* , 2016 ).

La transportación es un factor influyente en los costos logísticos ( Ballou, 2004 ), especialmente en productos perecederos, pues el uso de transporte refrigerado los incrementa dado que evita su deterioro y pérdidas evitando su maduración prematura o deterioro ( Chica-Mendoza *et al.* , 2024 ).

La distancia entre el lugar de producción y los mercados de consumo también impactan los costos de combustibles, mantenimiento de vehículos y peajes; por ello, el presente modelo de transporte tiene la finalidad de encontrar mercados destinos y rutas que minimicen su costo y trayecto en el transporte de aguacate desde la perspectiva, económica, operativa y empresarial.

El modelo de transporte aplica en la planeación de distribuir bienes y servicios a partir de varios lugares de suministro, hacia varios destinos ( Ballou, 2004 ). Tiene el objetivo de minimizar los costos totales bajo las restricciones de oferta y demanda ( Nanlan y Fanrong, 2025 ), con un enfoque cuantitativo que se apoya en modelos espaciales clásicos para justificar su relación entre el costo de transporte versus la distancia entre la zona productora y el mercado consumidor ( De Carvalho-Santana, 2023 ).

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue optimizar la distribución de aguacate ( *P. americana* Mill.) en México, mediante un modelo de programación lineal que equilibre la oferta y la demanda en los mercados consumidores nacionales.

## Materiales y métodos

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, fundamentado en analizar y procesar información primaria y secundaria, así como, revisión de literatura, procesamiento en páginas web para recolectar datos oficiales que involucran técnicas que pretenden asociar los resultados con información numérica a través del procesamiento y ejecución en software especializado de programación lineal.

El modelo se basa en el Método Simplex que considera una visión matemática aplicado a un mercado cerrado, desarrollando una formulación lineal estándar en donde define la función objetivo que suma los costos unitarios que son multiplicados por las cantidades a enviar, sujetas a las restricciones de igualación entre la oferta y la demanda totales, al igual que a las condiciones de no-negatividad ( Ayansola-Olufemi *et al.*, 2015 ).

La información requerida para el desarrollo del modelo fue del total de la producción y los datos de exportación de cada estado en el periodo comprendido de aguacate en fresco, y la población estatal estimada; información que se obtuvo de fuentes estadísticas y base de datos oficiales consultadas y referenciadas para el año 2022, como el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), Consejo Nacional de Población (CONAPO), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT).

Con la información antes mencionada, se calcula la balanza comercial neta y el consumo estatal disponible, el cual se multiplica por el consumo per cápita calculado para obtener la matriz de los estados excedentarios (resultado positivo) y la matriz de los estados deficitarios (resultado negativo). Seguido, se obtiene la formulación de la oferta total, igual a la demanda total; por lo tanto, se obtiene un modelo de transporte equilibrado ( Taha, 2012 ). Posterior se obtuvieron los costos de transporte desde cada estado oferentes hacia cada uno de los estados demandantes con la aplicación GlobalMap®.

La formulación matemática de la función objetivo hace suponer que existen  $m$  orígenes y  $n$  destinos. Siendo  $a_i$  las unidades disponibles para ofrecerse en cada origen  $i = (i = 1, i = 2, \dots, m)$  y  $b_j$  las unidades requeridas en el destino  $j = (j = 1, j = 2, \dots, n)$ . Sea  $C_{ij}$  el costo del transporte por unidad en la ruta que une el origen  $i$  y el destino  $j$ .

El objetivo fue determinar el número de unidades transportadas del origen  $i$  al destino  $j$ , de tal manera que se minimicen los costos totales de transporte; como dato importante y dada la optimización en el software especializado, un destino puede recibir su cantidad total demandada de uno o más orígenes si así se optimiza los costos de transporte ( Taha, 2012 ).

Sea  $X_{ij}$  el número de unidades transportadas del origen  $i$  al destino  $j$  ( Hillier y Lieberman, 2015 ) entonces, el modelo de programación lineal que representa el modelo de transporte es ( Nanlan y Fanrong, 2025 ):

$$\begin{aligned} &\text{Minimizar } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \text{ Función objetivo} \\ &\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i, i = 1, 2, \dots, m \text{ Restricciones de oferta} \\ &\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, n \text{ Restricciones de demanda} \end{aligned}$$

Con  $x_{ij} \geq 0$  para toda  $i$  y para toda  $j$ .

La formulación de la función objetivo resultante es de 112 términos, que son el producto de los cuatro estados oferentes, hacia los 28 estados demandantes, como se muestra en el siguiente modelo ( Taha, 2012 ):

$$\text{Min} Z_0 = C_{1,1}X_{1,1} + C_{1,2}X_{1,2} + \dots + C_{4,28}X_{4,28}$$

Cada modelo tiene tantas restricciones de oferta como el número de orígenes  $i$  que existan y tantas restricciones de demanda como el número de destinos  $j$  que existan.

El problema propuesto puede ajustarse a un modelo matemático y ejecutarse en un software de optimización como el lenguaje de programación lineal Lindo® 6.1 para calcular las operaciones

matriciales que minimicen los costos y obtener resultados óptimos ( Braga y Salles, 2022 ) para la distribución de aguacate. Se obtendrá el valor de la función objetivo y las cantidades óptimas que deban de enviarse de cada origen a cada uno de los destinos, ya sea en su totalidad o en cierta cantidad a enviar.

## Resultados

Para el año de análisis 2022, la población total estimada en México fue de 129 365 552 personas ( CONAPO, 2024 ) y se calculó una producción de aguacate en fresco total cosechada de 2 540 715 t ( SIAP, 2022 ); con esta información se obtuvo un consumo per cápita de 11 586 kg (886 g más que el reportado por el SIAP, 2023 ), así como una producción total disponible de 1 498 000 t, cantidad disponible a distribuir entre las 32 entidades federativas.

Los estados productores que cuentan con una disponibilidad para satisfacer la demanda de los estados deficientes tienen una oferta total de 1 110 979.99 t para cubrir el total de demanda ( Cuadro 1 ). La balanza comercial neta resultante, muestra a cuatro estados como oferentes después de autoconsumo: Michoacán, Jalisco, Nayarit y Morelos; quienes podrán abastecer el mercado nacional de los 28 estados restantes.

**Cuadro 1. Estados oferentes y deficitarios de aguacate, México, 2022.**

| Oferta (t) |            | Demanda (t)         |            |
|------------|------------|---------------------|------------|
| Jalisco    | 104 944.24 | Aguascalientes      | 16 777.12  |
| Michoacán  | 968 471.95 | Baja California     | 45 274.21  |
| Morelos    | 8 543.55   | Baja California Sur | 9 384.78   |
| Nayarit    | 29 020.25  | Campeche            | 10 143.15  |
|            |            | Coahuila            | 37 679.44  |
|            |            | Colima              | 973.36     |
|            |            | Chiapas             | 51 410.6   |
|            |            | Chihuahua           | 44 710.88  |
|            |            | Ciudad de México    | 107 124.48 |
|            |            | Durango             | 20 119.79  |
|            |            | Guanajuato          | 71 405.08  |
|            |            | Guerrero            | 19 727.07  |
|            |            | Hidalgo             | 32 483.46  |
|            |            | Estado de México    | 125 008.09 |
|            |            | Nuevo León          | 67 782.83  |
|            |            | Oaxaca              | 34 692.26  |
|            |            | Puebla              | 58 713.61  |
|            |            | Querétaro           | 28 362.69  |
|            |            | Quintana Roo        | 22 660.35  |
|            |            | San Luis Potosí     | 33 266.7   |
|            |            | Sinaloa             | 33 202.03  |
|            |            | Sonora              | 34 744.06  |
|            |            | Tabasco             | 28 003.39  |
|            |            | Tamaulipas          | 42 120.87  |
|            |            | Tlaxcala            | 15 848.95  |
|            |            | Veracruz            | 85 588.02  |
|            |            | Yucatán             | 14 890.8   |
|            |            | Zacatecas           | 18 881.94  |

Se procede a generar los costos de transporte en la aplicación de GlobalMap® de cada uno de los orígenes a cada uno de los destinos, considerando un camión unitario de tres ejes con ocho llantas de caja refrigerada con una capacidad de 11 t, consideran un costo fijo nacional de \$24.50 pesos el litro de combustible; lo que permite conformar la función objetivo del modelo.

La función objetivo junto con las restricciones de oferta y demanda son ejecutadas en el lenguaje de programación Lindo® 6.1, resultando un valor de \$15 683 270 000.00 pesos mexicanos, que indica el costo estimado anual para transportar el aguacate de manera óptima de los estados excedentarios a cada uno de los mercados demandantes, por las rutas identificadas, dada las distancias entre cada uno de ellos.

En los resultados optimizados ( Cuadro 2 ), se identifica que existen estados donde no reciben asignaciones, indicando que no se ha designado cantidad para su distribución del estado oferente, esto sugiere que enviar el producto a esos mercados, no permite minimizar el costo de transporte en el contexto de los estados oferentes considerados; sin embargo, otros estados oferentes pueden abastecer dichos mercados. En última instancia, uno o más de los estados oferentes deberá cubrir el déficit de consumo estatal, asegurando el equilibrio entre oferta y demanda de aguacate en fresco para todo México.

**Cuadro 2. Cantidades óptimas para distribuir de los orígenes a los destinos, 2022.**

| Demandante-oferente | Jalisco | Michoacán | Morelos | Nayarit |
|---------------------|---------|-----------|---------|---------|
| Aguascalientes      | 10 386  | 6 391     |         |         |
| Baja California     | 45 274  |           |         |         |
| Baja California Sur | 9 385   |           |         |         |
| Campeche            |         | 10 143    |         |         |
| Coahuila            |         | 37 679    |         |         |
| Colima              | 973     |           |         |         |
| Chiapas             |         | 51 411    |         |         |
| Chihuahua           |         | 44 711    |         |         |
| Ciudad de México    |         | 107 124   |         |         |
| Durango             |         | 20 120    |         |         |
| Guanajuato          |         | 71 405    |         |         |
| Guerrero            |         | 11 184    | 8 544   |         |
| Hidalgo             |         | 32 483    |         |         |
| México              |         | 125 008   |         |         |
| Nuevo León          |         | 67 783    |         |         |
| Oaxaca              |         | 34 692    |         |         |
| Puebla              |         | 58 714    |         |         |
| Querétaro           |         | 28 363    |         |         |
| Quintana Roo        |         | 22 660    |         |         |
| San Luis Potosí     |         | 33 267    |         |         |
| Sinaloa             | 33 202  |           |         |         |
| Sonora              | 5 724   |           |         | 29 020  |
| Tabasco             |         | 28 003    |         |         |
| Tamaulipas          |         | 42 121    |         |         |
| Tlaxcala            |         | 15 849    |         |         |
| Veracruz            |         | 85 588    |         |         |
| Yucatán             |         | 14 891    |         |         |
| Zacatecas           |         | 18 882    |         |         |

En esta distribución óptima, Michoacán se posiciona como el principal distribuidor, movilizand 968 472 t hacia 23 estados (en dos estados comparte abasto). Seguido de Jalisco con una comercialización de 104 944 t que abastece a siete entidades federativas (comparte con dos estados el abasto). Nayarit, distribuye un excedente de 29 020 t, cubriendo demanda de solo el 84% de Sonora. Finalmente, Morelos con su excedente, satisface el 43% de demanda de Guerrero.

En la Figura 1 , el estado de Jalisco (oferente en color verde), su producción disponible abastece en 43.14% a Baja California, 31.64% a Sinaloa y el restante 25.22% distribuido entre Aguascalientes, Baja California Sur, Sonora y Colima, optimizando el costo del transporte para llegar a esos mercados demandantes de aguacate. La colorimetría en las figuras, indica que entre más fuerte el tono de azul, es superior la cantidad que requiere le sea abastecida en cada estado.



**Figura 1. Distribución óptima de Jalisco a estados deficitarios, 2022.**



Con respecto a Michoacán ( Figura 2 ), con producción excedentaria mayor de 968 000 t, destina su distribución óptima a 23 estados con mayor demanda, quienes lo distribuiría al Estado de México (125 008 t), Ciudad de México (107 124 t), Veracruz (85 588 t), Guanajuato (71 405 t), Nuevo León (67 783 t) y Puebla (58 714 t) que suman el 53% de su oferta disponible.



Figura 2. Distribución óptima de Michoacán a estados deficitarios, 2022.



Para el caso del estado de Guerrero, de sus casi 20 000 t requeridas, éste estado le envía el 56.69% de su necesidad de aguacate en fresco, puesto que el estado de Morelos le complementa la demanda de su mercado y en el otro caso para el estado de Aguascalientes, le envía el complemento compartido de 6 391 t (38.09%) ( Cuadro 2 ).

Nayarit, el tercer estado oferente dispone más de 29 000 t ( Figura 3 ), que canaliza únicamente esa producción excedente al estado de Sonora en complemento con lo que también envía el estado de Jalisco ( Cuadro 2 ), dada la cercanía entre estos dos estados, se optimiza el costo de transporte hacia esta entidad demandante.



Figura 3. Distribución óptima de Nayarit al estado deficitario de Sonora, 2022.



Finalmente, Morelos, una vez satisfecha la distribución en su entidad, tiene más de 8 500 t a ofertar en otros mercados, aunque el resultado óptimo del modelo indica que, dado los costos de transporte implicados, es conveniente por la cercanía enviarlo al estado de Guerrero el 100% de su disponibilidad del fruto ( Figura 4 ).



Figura 4. Distribución optima de Morelos al estado deficitario de Guerrero, 2022.



## Discusión

El principal productor de aguacate en México es el estado de Michoacán ( Figura 2 ), proponiendo su distribución a la mayor parte de los estados deficitarios, incluyendo a los estados con amplia población, como la Ciudad de México, Guanajuato, Nuevo León, Estado de México, Puebla y Veracruz, quienes suman el 41.63% del total de personas en México, lo que sustenta una demanda con mayor frecuencia este fruto. El consumo per cápita por su parte, en los últimos años a incrementado de 7.6 kg en el 2013, pasando a 8.7 kg en 2017 y para el año 2023 se tiene un registro de 12 kg, teniendo un aumento de más de 63% como lo indica FIRA (2024) .

Para el caso del estado de Jalisco ( Figura 1 ), quien es otro estado con mayor población (+8.6 millones de personas), bajo este modelo y con la identificación de su producción, es un estado autosuficiente para abastecer de este fruto a su entidad y además puede abastecer a otros seis estados vecinos y del norte, que tienen déficit del fruto, dado los costos de transporte optimizado con el modelo propuesto.

Para la mejor optimización de este modelo, se debe de cumplir con requisitos importantes dentro de la cadena de suministro del aguacate para que llegue a los mercados demandantes; pues como lo señalan Sánchez Valdés y Sánchez Rodríguez (2021) , la integración de clúster y la eficiencia de la cadena de suministro ( Coyle *et al.* , 2013 ), son punto inicial e importante para que llegue el producto a los distintos mercados nacionales conocedores de este producto.

El modelo de optimización fundado en programación lineal, permite minimizar los costos de transporte y distribución, aunque si aplicación en términos reales puede simplificar excesivamente la complejidad del sistema logístico dentro de la cadena de suministro. Estudios como el de Meléndez-Bermúdez (2020) , demuestra que la optimización de rutas puede reducir costos hasta en un 30%, lo que evidencia la utilidad de estos modelos.

Investigaciones como la de Franco-Sánchez *et al.* (2018) señala que la competitividad del sector aguacatero en México depende también de múltiples factores externos como mercado, costos de producción y condiciones estructurales. Asimismo, Reyes-Gómez *et al.* (2024) destacan que la cadena de valor del aguacate en México presenta limitaciones estructurales que dificultan la eficiencia logística y la sostenibilidad es un reto.

Un eje importante en la modelación del transporte es enfatizar en la trazabilidad del producto, que dado algunos productores han optado por manejar sistemas digitales para mejorar la transparencia y confiabilidad en la distribución, para priorizar los riesgos identificados en el proceso de distribución y hacer más sostenible la optimización de la cadena de suministro (Younis *et al.*, 2020).

## Conclusiones

La aplicación del Método Simplex para optimizar la distribución de aguacate en México permitió identificar configuraciones logísticas más eficientes, logrando una optimización significativa en los costos de transporte y una mejor asignación de los recursos disponibles. Este enfoque evidenció que la programación lineal constituye una herramienta eficaz para la toma de decisiones en sistemas agroalimentarios, especialmente en cadenas de suministro donde intervienen múltiples orígenes, destinos y restricciones operativas.

Por otra parte, se identificó que el modelo simplex presenta limitaciones al no considerar factores dinámicos propios de la logística real, tales como la incertidumbre en la demanda, las condiciones del transporte, la seguridad en las rutas y la naturaleza perecedera del producto. En este sentido, aunque el modelo proporciona una solución óptima desde el punto de vista matemático, su aplicación práctica puede verse reducida si no se complementa con enfoques más robustos que integren dichas variables.

De los estados oferentes, Jalisco debe abastecer parte de los estados deficitarios del noroeste, Michoacán distribuye a 23 estados abasteciendo casi el 88% de los mercados deficitarios, tenemos a Morelos y a Nayarit que satisfacen una parte de los mercados de Guerrero y Sonora respectivamente y bajo los escenarios propuestos se propone como líneas de investigación, que las instituciones inmersas en la cadena de suministro de este sistema producto, identifiquen fortalezas y debilidades en su distribución de acuerdo al consumo que se presenta y así identificar políticas públicas para el mejoramiento en infraestructura, leyes y reglamentos necesarios para el abasto de este importante fruto producido en México.

Esto resulta especialmente relevante en el caso del aguacate, donde la sostenibilidad, la eficiencia en la cadena de frío y la reducción de pérdidas representan desafíos clave para garantizar una distribución eficiente y competitiva en el largo plazo.

## Bibliografía

- 1 Ayansola-Olufemi, A.; Oyenuga-Iyabode, F. and Abimbola-Latifat, A. 2015. Comparative Study of Efficiency of Integer Programming, Simplex Method and Transportation Method in Linear Programming Problem (LPP). American Journal of Theoretical and Applied Statistics. 4(3):85-88. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20150403.13>.
- 2 Ballou, R. H. 2004. Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta edición. Pearson Educación.
- 3 Braga E. M. H. and Salles-Neto L. L. 2022. A mathematical optimization approach based on linearized MIP models for solving facility layout problems. Pesquisa Operacional. 42:e261044. Doi: 10.1590/0101-7438.2022.042.00261044.
- 4 Chica-Mendoza, J. X.; Muñoz-Ríos, C. M.; Mera-Bravo, M. J.; Tuárez-Zambrano, G. M. y Macías-Barberán, J. R. 2024. Optimización de la cadena de suministro en la agroindustria de servicio alimentario: Supply Chain Optimization in the Food Service Agribusiness. Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando. 5(2):458-485. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.282>.

- 5 CONAPO. 2024. Consejo Nacional de Población. Gobierno de México: <https://www.gob.mx/conapo>.
- 6 Coyle, J. J.; Langley Jr. J.; Novack, R. A. y Gibson, B. J. 2013. Administración de la Cadena de Suministro. Una Perspectiva Logística. Novena edición. Cengage Learning Editores.
- 7 De Carvalho-Santana, M. 2023. as contribuições do sistema de Von Thünen à Teoria da distribuição marginal decrescente. *Economia Política do Desenvolvimento*. 14(31):54-76. <https://doi.org/10.28998/2594-598X.2023v14n31p54-79>.
- 8 FIRA. 2017. Fideicomiso Instituido en Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario. Aguacate 2017. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial (Infografía). <https://sursureste.org.mx/wp-content/uploads/2023/01/Panorama-Agroalimentario-Aguacate-2017.pdf>.
- 9 FIRA. 2024. Fideicomiso Instituido em Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario. Aguacate 2024. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Subdirección de Análisis del Sector.
- 10 Franco-Sánchez M. A.; Leos-Rodríguez J. A.; Salas-González J. M.; Acosta-Ramos, M. y García-Munguía A. 2018. Análisis de costos y competitividad en la producción de aguacate en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(2):391-403. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1080>.
- 11 Hillier, F. S. y Lieberman, G. J. 2015. Investigación de operaciones (10ma. Edición). Mcgraw-hill Interamericana de España S. L.
- 12 Meléndez-Bermúdez, O. 2020. Propuesta de un modelo de optimización para la programación de rutas de transporte de aguacate hass para agricultores minoristas municipio de timbío-cauca. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Industrial. Corporación Universitaria Comfacauc. Colombia.
- 13 Nanlan, Z. and Fanrong, X. 2025. A Review of Research on the Transportation Problem. *Open Journal of Applied Sciences*. 15(5):1168-1177. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2025.155081>.
- 14 Orjuela-Castro, J. A.; Sanabria-Coronado, L. A. and Peralta-Lozano, A. M. 2017. Coupling facility location models in the supply chain of perishable fruits. *Research in Transportation Business & Management*. 24:73-80. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2017.08.002>.
- 15 Orjuela-Castro, J. A.; Suárez-Camelo, N. y Chinchilla-Ospina, Y. I. 2016. Costos logísticos y metodologías para el costeo en cadenas de suministro: una revisión de la literatura. *Revista de Cuadernos de Contabilidad*. 17(44):377-420. <https://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.cc17-44.clmc>.
- 16 Reyes-Gómez, H.; Martínez-González, E. G.; Aguilar-Ávila, J. y Aguilar-Gallegos, N. 2024. Sistemas agroalimentarios sostenibles: el caso de la cadena de valor del aguacate en México. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*. 55(217):29-60. <https://doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.2024.217.70098>.
- 17 Rubí-Arriaga, M.; Lozano-Keymolen, D. y Maldonado, F. I. 2019. Población y producción alimentaria en México: el caso del aguacate. *Papeles de población*, 25(101):213-241. <https://doi.org/10.22185/24487147.2019.101.28>.
- 18 SAGARPA. 11 de 09 de 2017. Gobierno de México. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Aguacate Mexicano: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257067/Potencial-Aguacate.pdf>.

- 19 Sánchez-Valdés, A. y Sánchez-Rodríguez, G. 2021. El Clúster del Aguacate en México. Un crecimiento sostenido a partir de la producción y desarrollo del mercado. RIVAR. 8(24):21-35. <https://doi.org/10.35588/rivar.v8i24.5165>.
- 20 SIAP. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Gobierno de México. Producción de aguacate, 2022. <https://nube.agricultura.gob.mx/cierre-agricola/>.
- 21 SIAP. 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Panorama Agroalimentario 2023. Edición 2023. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Gobierno de México.
- 22 SIACON. 2024. Gobierno de México. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Reporte de índice de volumen físico de productos agropecuarios. Producción Agrícola. Plataforma de Información Digital: <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon?idiom=es>.
- 23 Taha, H. A. 2012. Investigación de Operaciones. 9na. edición. Pearson Education México.
- 24 Younis, J.; Hossein Reyhani, Y.; Vikas, K. and Nader, G. 2020. A multi-objective mixed-integer linear model for sustainable fruit closed-loop supply chain network. Management of Environmental Quality: An International Journal. 31(5):1351-1373. <https://doi.org/10.1108/MEQ-12-2019-0276>.



## Análisis logístico de distribución de aguacate en el mercado mexicano: un enfoque de programación lineal

| Journal Information                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------|
| Journal ID (publisher-id): remexca                                                 |
| Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas                                      |
| Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc                                          |
| ISSN (print): 2007-0934                                                            |
| Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias |

| Article/Issue Information             |
|---------------------------------------|
| Date received: 01 April 2026          |
| Date accepted: 01 August 2026         |
| Publication date: 01 August 2026      |
| Volume: 17                            |
| Issue: 5                              |
| Electronic Location Identifier: e4149 |
| DOI: 10.29312/remexca.v17i5.4149      |

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

#### Palabras clave:

*Persea americana* Mill.

demandante

logística

oferente

### Counts

Figures: 4

Tables: 2

Equations: 4

References: 24