

Capsicum pubescens situación actual y tendencias futuras en el Estado de México *Capsicum pubescens* current situation and future trends in the Mexico State

A. Xingú-López ^{a,*}, D. Espinoza-Gutiérrez ^a, J. M. Miranda-Gómez ^a, J. Cruz-Gutiérrez ^a, C. K. Pérez-González ^a

^a Tecnológico Nacional de México. Tecnológico de Estudios Superiores de Villa Guerrero, Carr. Federal Toluca-Ixtapan de la Sal km 64.5. Col. La Finca, 51767, Villa de Guerrero, Estado de México.

Resumen

Capsicum pubescens es originario de los Andes en Bolivia y Perú, se cultiva principalmente en México, en estados como Michoacán, Puebla y Veracruz. Este chile es apreciado por sus propiedades nutricionales, que incluyen carbohidratos, proteína, fibra y antioxidantes, así como por su picor, que se debe a la capsaicina. Su genética es compleja y variable, lo que influye en el tamaño, color y número de lóculos de sus frutos. El cultivo se realiza en sistemas agroecológicos y se distingue de otras especies porque sus flores son moradas y sus semillas son color marrón, además se caracteriza porque se produce en zonas de los 1500 metros sobre el nivel del mar principalmente en lugares fríos. La producción se realiza con variedades criollas las cuales son susceptibles a plagas y enfermedades lo cual afecta la calidad de fruto y rendimiento por ello es importante emplear técnicas de mejoramiento genético para generar variedades resistentes.

Palabras Clave: *Capsicum pubescens*, producción, usos, morfología, diversidad morfológica.

Abstract

Capsicum pubescens is native to the Andes in Bolivia and Peru, it is mainly cultivated in Mexico, in states such as Michoacán, Puebla and Veracruz. This chili is prized for its nutritional properties, which include carbohydrates, protein, fiber, and antioxidants, as well as for its heat, which is due to capsaicin. Its genetics are complex and variable, which influences the size, color and number of locules of its fruits. Cultivation is carried out in agroecological systems and is distinguished from other species because its flowers are purple and its seeds are brown, it is also characterized by the fact that it is produced in areas of 1500 meters above sea level, mainly in cold places. Production is carried out with native varieties, which are susceptible to pests and diseases, which affect fruit quality and yield, so it is important to use genetic improvement techniques to generate resistant varieties.

Keywords: *Capsicum pubescens*, production, uses, morphology, morphological diversity.

1. Introducción

El chile manzano (*Capsicum pubescens*) es una especie originaria de Sudamérica, particularmente de los Andes de Bolivia y Perú (Hardy, 2012). Entre sus nombres comunes se encuentran "rocoto", "rocoto de huerta", "manzano", "rukutu" y "luqutu", esta planta ha sido utilizada durante siglos por las comunidades indígenas de la región, lo que la convierte en una de las solanáceas cultivadas más antiguas (García-Serquén et al., 2022). En la actualidad, su cultivo se ha expandido a otros países, destacando México, donde se cultiva principalmente en los estados de Michoacán, Puebla, Veracruz y el Estado de México; en México, el chile manzano se desarrolla principalmente en zonas de altitud superior a los 1,500 metros

sobre el nivel del mar, donde predominan los climas templados y semi fríos, siendo una variedad adecuada para las regiones montañosas del país (Chávez y Castillo, 1999).

En Veracruz, este chile se cultiva en un rango geográfico de 1,373 a 2,369 metros sobre el nivel del mar (Leyva-Ovalle et al., 2018), mientras que en Michoacán su cultivo se concentra en municipios como Uruapan, Pátzcuaro y Zamora; en Puebla, se cultiva en los municipios de Tehuacán, Ajalpan y Zapotitlán, mientras que, en el Estado de México, se desarrolla en localidades como Coatepec Harinas, Sultepec y Texcoco (Espinosa-Torres et al., 2014). Además, existen otras regiones en el país, como Tamaulipas, Nuevo León, Chihuahua y la sierra de Santa Martha en el sur de Veracruz, que también

*Autor para la correspondencia: andresxl2000@yahoo.com.mx

Correo electrónico: andresxl2000@yahoo.com.mx (Andrés Xingú-López), daniespinozagut@gmail.com (Daniela Espinoza Gutiérrez), juanmanuelmg321@gmail.com (Juan Manuel Miranda Gómez), jonacg9@gmail.com (Jonathan Cruz Gutiérrez), perezgonzalezcuauhtlikaleb@gmail.com (Cuauhtli Kaleb Pérez González)

Historial del manuscrito: recibido el 10/03/2025, última versión-revisada recibida el 01/08/2025, aceptado el 03/08/2025, publicado el 15/09/2025. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v13iEspecial2.14636>

reúnen las condiciones necesarias para su cultivo (Sema-Lagunes et al., 2020).

La producción anual nacional para el año 2023 (SIAP, 2025) se distribuye en los estados de México, Michoacán y Puebla (Figura 1); en el Estado de México la producción se distribuye en los municipios de Sultepec, Amatepec, Coatepec Harinas, Almoloya de Alquisiras, Tenancingo y Valle de Bravo (Figura 2).

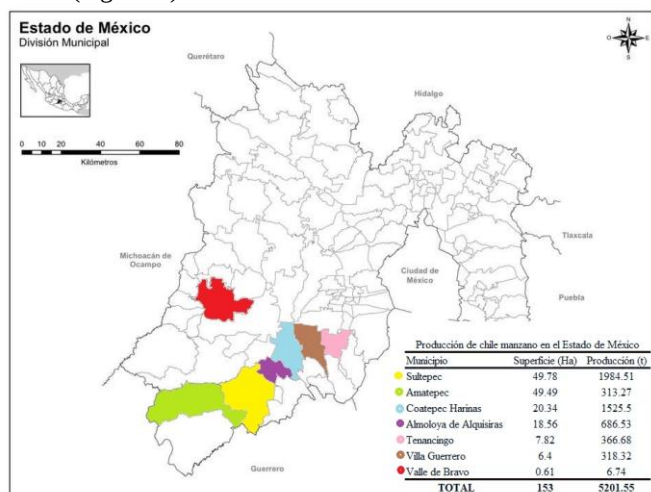


Figura 1: Producción nacional para el año 2023, de *Capsicum pubescens*.

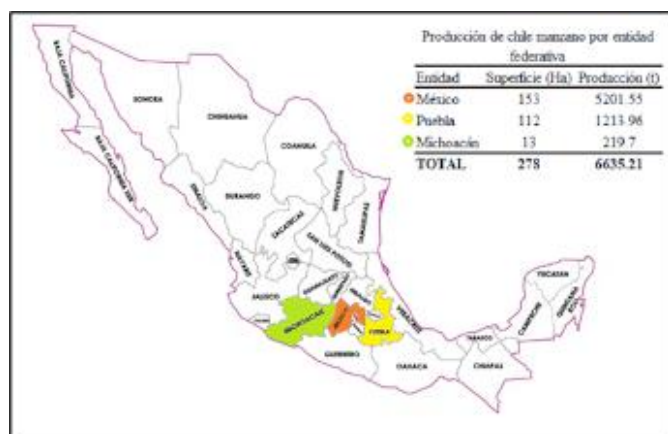


Figura 2: Mapa del Estado de México en el cual se destacan los municipios productores y la producción anual de *Capsicum pubescens*.

El chile manzano es uno de los productos hortícolas de mayor importancia debido a su contenido de nutrientes en 100 g de materia seca, tales como carbohidratos (5.10–6.03 g), vitamina C (120–128 mg), fibra dietética (1.40–2.10 g) y proteínas (0.99–1.30 g); componentes bioactivos como: polifenoles, capsaicinoides, carotenoides y tocoferoles; antioxidantes, lípidos y minerales (Alonso-Villegas et al., 2023). Este chile se caracteriza por su picor, atribuido a la capsaicina, y por sus carotenoides, como el betacaroteno y la luteína, los cuales poseen propiedades antioxidantes; además, los flavonoides, como la quercetina y el kaempferol, se destacan por sus potentes efectos antiinflamatorios naturales (Meckelmann et al., 2015).

El análisis proximal del chile manzano puede mostrar variaciones en su composición, siendo la más común en su estado de madurez en la que se consume, la cual se cita en la tabla 1.

Tabla 1: Análisis proximal en frutos de *C. pubescens* (Vera-Guzmán et al., 2011; Hernández-Ortega et al., 2014).

Contenido	Cantidad
Humedad	85 a 90%
Cenizas	0.5 a 1%
Proteínas	1 a 2%
Lípidos	0.3 a 0.6%
Carbohidratos	7 a 10%
Fibra cruda	1 a 3%
Capsaicina $\mu\text{g mL}^{-1}$	$15.02 \pm (1.5) \mu\text{g mL}^{-1}$
Dihydrocapsaicina	$33.0 \pm (9.95) \mu\text{g mL}^{-1}$
Vitamina C	18 mg 100 g ⁻¹
Fenoles totales	112.7 mg 100 g ⁻¹
Flavonoides	6.4 mg 100 g ⁻¹
Carotenoides	3.4 mg 100 g ⁻¹
ácido gálico	39.15 mg GAE/g PS

2. Características morfológicas de chile manzano

El chile manzano es una planta de porte arbustivo que puede alcanzar hasta tres metros de altura, se considera una planta perenne porque los huertos llegan a tener 10 años en producción cuando normalmente van de uno a siete años (Andrés-Meza et al., 2019).

El sistema radicular se conforma por una raíz principal que es pivotante y de raíces secundarias de una longitud aproximada de hasta 1.2 m de profundidad y 0.8 m de crecimiento horizontal, cuando se cultiva en suelo directo el 80 % del crecimiento radicular se presenta en una capa de entre 20 y 30 cm de profundidad y al cultivarse en sustratos se concentra en 15 cm y las raíces se ramifican más (Pérez y Castro, 2012).

Presenta tallos leñosos, ramificados, pubescentes y presentan diferente coloración antocianica en los entrenudos (Figura 3), con hojas simples, ovaladas y el haz presenta tricomas abundantes, las flores son hermafroditas y suelen ser de color púrpura o, en menor medida, blancas (Figura 4), mientras que los frutos son redondeados u ovalados, con paredes gruesas, carnosas y brillantes, su tamaño varía entre 4 y 6 cm de largo, y de 3 a 5 cm de diámetro; los colores de los frutos varían entre amarillo, naranja y rojo (Figura 5), (Zúñiga y Pacheco, 2007; Guzmán et al., 2020).



Figura 3: Color antocianico presente en los tallos de *Capsicum pubescens* (Martínez, 2013).



Figura 4: Flor y coloración de las flores en *Capsicum pubescens*.

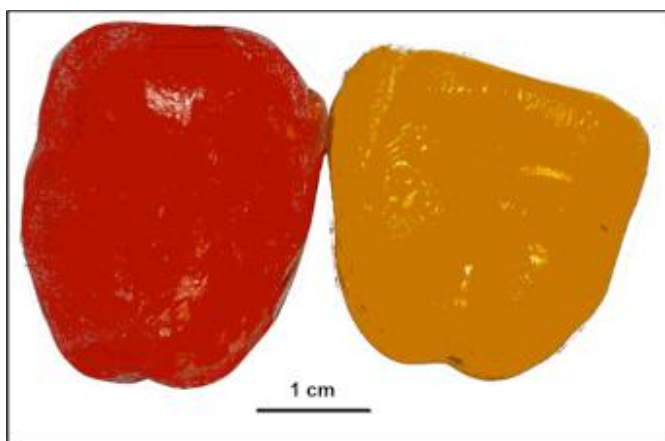


Figura 5: Colores más comunes en frutos de *Capsicum pubescens*.

Las semillas son pequeñas, con un tamaño aproximado de 3 a 4 mm de longitud y de 2 a 3 mm de ancho (Undang et al., 2025), además dentro del género *Capsicum* es la única especie que cuenta con semillas de color marrón claro a negro (Figura 6) el peso de 1000 semillas varía entre 2 y 3 gramos, la viabilidad de las semillas disminuye con el tiempo, pero se puede mantener durante dos años si se almacenan en condiciones adecuadas de luz, humedad y temperatura (Andrés-Meza et al., 2019). Sin embargo, tienen una germinación lenta, por lo que se recomienda un tratamiento previo para acelerar el proceso, este tratamiento consiste en remojar las semillas en agua, o en una mezcla de agua con agua oxigenada a diferentes concentraciones, durante 20 horas; este procedimiento ayuda a osmocondicionar las semillas, favoreciendo la emergencia de las plántulas (Merino-Valdés, 2018).

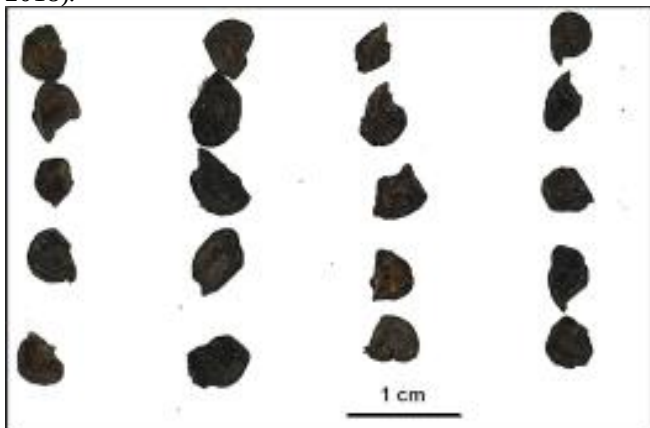


Figura 6: Morfología de semillas de *Capsicum pubescens*.

El momento de la recolección de las semillas es crucial para su germinación; estas deben obtenerse inmediatamente después de que el fruto haya alcanzado su madurez fisiológica, si se retrasa la recolección, las propiedades fisiológicas de las semillas se ven comprometidas (García-Ruiz et al., 2018).

El chile manzano presenta una estructura genética compleja y una alta variabilidad genética (Colonna et al., 2019). Se han identificado tres grupos genéticos: uno en Sudamérica, otro en Centroamérica y México, y el último en América del Norte; la mayor diversidad genética se encuentra en Bolivia, mientras que la menor está en México, esta variación genética está distribuida geográficamente, con un alto grado de mezcla entre los grupos (Palombo y Carizo, 2022). Además, la variabilidad se observa tanto en el espacio como en el tiempo; las plantas de chile manzano muestran una notable variabilidad morfológica, tanto entre poblaciones como dentro de una misma población; Algunas presentan características de fruto que resultan de interés comercial (Leyva-Ovalle et al., 2018).

La variabilidad es especialmente evidente en los caracteres morfológicos de la planta, pero se destaca aún más en los frutos. Los aspectos más notables son el tamaño del fruto, el ancho del fruto, el número de lóculos y el número de semillas por fruto (Chávez y Castillo, 1999). Las variedades cultivadas de chile manzano muestran una amplia variabilidad morfológica en tejidos foliares, frutos y semillas, lo que influye en la calidad del producto. Estas características están determinadas por el origen de la planta, el intercambio de germoplasma, el flujo génico y la zona agroecológica en la que se cultiva (Escalera-Ordaz et al., 2019).

El mejoramiento genético de *C. pubescens* se ha enfocado principalmente en aumentar su productividad, mejorar su resistencia a enfermedades y aumentar su tolerancia a condiciones climáticas adversas; las técnicas empleadas en este proceso incluyen la selección de clones con características deseables, como una mayor productividad o resistencia a enfermedades (Poulos, 1994), el cruzamiento de plantas con rasgos favorables para combinar sus características y obtener nuevas variedades y la mutagénesis radioinducida mediante agentes mutagénicos, con el fin de inducir mutaciones y desarrollar nuevas variedades, como resultado de estos esfuerzos, se han obtenido varias variedades, entre ellas algunas resistentes al tizón (Vallejo-Gutiérrez et al., 2019), así como variedades con frutos de mayor tamaño y mejor calidad (Poulos, 1994).

En los programas de mejoramiento genético del chile manzano, uno de los principales problemas es la baja tasa de éxito en el prendimiento del fruto cuando se realizan hibridaciones mediante polinización manual, esto debido a los efectos negativos de los factores ambientales en la polinización cruzada, y los métodos de hibridación empleados recomendando el método de hibridación con corola en el que se obtiene porcentajes más altos de prendimiento comparado por el método sin corola, por lo que es fundamental controlar estos factores para garantizar una correcta polinización (Ayala, et al., 2017). Pérez-Grajales et al., (2009) reportan el uso de variedades criollas para su cruzamiento, obteniendo un mejor progenitor para obtener materiales con alto rendimiento, el uso de esta técnica en el mejoramiento genético de la especie.

La multiplicación clonal también juega un papel crucial en el mejoramiento genético; la multiplicación somática de las plantas de chile manzano permite el desarrollo de variedades libres de virus y enfermedades, en este sentido, se ha logrado inducir la formación de callos *in vitro* a partir de hojas jóvenes de chile manzano mediante el uso de un medio de cultivo MS adicionado con 0.75 a 1 mg/L de 2,4-D, un agente que promueve la inducción de embriogénesis somática indirecta (Hernández-Amasifuen et al., 2019). Una vez que los brotes se diferencian, se multiplican mediante separación y se enraízan en un medio con 1 mg/L de ácido indolbutírico (Hernández-Amasifuen, 2024). El desarrollo de injertos utilizando patrones resistentes a enfermedades es otra herramienta valiosa para reducir la incidencia de enfermedades en el cultivo de chile manzano y para que esta técnica sea efectiva, es crucial seleccionar un patrón adecuado que no solo sea resistente a enfermedades, sino que también mantenga las características y calidad del fruto sin verse comprometidas (Pérez-Reyes et al., 2024).

Finalmente, los marcadores moleculares se han convertido en una herramienta fundamental en el mejoramiento genético de *C. pubescens*, ya que permiten identificar genes asociados con características deseables, como la resistencia a enfermedades (Gill-Langarica y Mayek-Pérez, 2008).

3. Variedades de chile manzano

Existen siete variedades mejoradas de chile manzano (Clarís, Dalí, Jhos, Maruca, Mayito, Reynolito y Yoli) que están inscritas en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales con título de obtentor (SNICS, 2023), entre las más importantes se describen a continuación:

Mayito, es una variedad de tallo corto, con uno a tres entrenudos acortados a partir de la primera bifurcación. Presenta nudos con pigmentación antocianica y pubescencia débil. Sus flores tienen pétalos con una coloración antocianica débil. El fruto es trapezoidal, con color verde claro al inicio de la madurez y amarillo de intensidad media cuando alcanza su madurez. Su ápice es poco profundo y tiene predominantemente tres lóculos (Hernández-Hernández, 2024).

Maruca, originada en Tehuacán, Puebla, es una planta de porte erecto, con entrenudos de 12.1 cm. Las hojas son de forma ovalada; el fruto es amarillo cuando madura y presenta una longitud de 6.1 cm y un diámetro de 5.5 cm; los frutos presentan de dos a tres lóculos y un pericarpio de 6.61 mm de grosor; la floración se presenta a los 160 días, y la maduración del fruto ocurre a los 232 días (González y Zúñiga, 2014).

4. Producción de chile manzano

El chile manzano se cultiva en su mayoría en sistemas semicomerciales, que no superan las 5 hectáreas, generalmente asociado con árboles frutales como café (*Coffea arabica*), plátano (*Musa* spp.), manzana (*Malus domestica*), durazno (*Prunus pérsica*) y aguacate (*Persea americana*), o en árboles forestales como: cedro (*Cedrus* spp.) e ilite (*Alnus acuminata*), los cuales proporcionan la sombra parcial necesaria para su desarrollo óptimo; este chile requiere entre un 30 % y 50 % de sombra; sin embargo, a medida que este porcentaje aumenta, la floración se ve afectada, presentándose una disminución en la misma (Rojas-Lara et al., 1999; Andrés-Meza et al., 2019). Recientemente, se ha implementado el cultivo en invernaderos, donde el plástico utilizado ofrece el porcentaje de sombra

requerido. Este sistema se maneja de forma intensiva, incrementando el número de plantas por metro cuadrado, cuando el chile manzano crece con un exceso de sombra (por encima del 50 %), se observa una reducción en el número de flores; si la sombra supera el 70 %, las plantas presentan un crecimiento rápido, pero con un desarrollo estructural débil (Rojas-Lara et al., 1999). La producción de chile manzano a nivel nacional en los estados, ha aumentado debido a la creciente demanda en mercados locales, nacionales e internacionales.

Para su cultivo, el chile manzano requiere suelos bien drenados, con un pH que oscile entre 6.0 y 7.0, y una temperatura promedio de 20 °C (Hernández, 2016). La germinación de las semillas toma aproximadamente 12 días, siendo la temperatura ideal del sustrato entre 24 °C y 30 °C; no obstante, el tiempo promedio de germinación es de 15 a 17 días (Yapo-Cárdenas y Pacheco-Lizárraga, 2023).

La floración del chile manzano ocurre entre los 60 y 120 días después de la siembra, y los primeros frutos listos para la cosecha se obtienen entre 160 y 240 días (Zúñiga y Pacheco, 2007; Oliva et al., 2019). El cultivo se siembra en camas, dejando una distancia de 1.5 m entre camas y 1 m entre plantas (Yapo-Cárdenas y Pacheco-Lizárraga, 2023).

5. Consumo de chile manzano e importancia cultural

El chile manzano, al igual que otros tipos de chile, forma parte integral de la gastronomía mexicana y es un componente fundamental de su cultura debido a la alta demanda de alimentos picantes (Espinosa-Torres y Ramírez-Abarca, 2016). El consumo de *C. pubescens* en Puebla, Toluca, Michoacán y Morelia es irremplazable ya que forma parte de los hábitos alimenticios (Espinosa y Villa, 2008). También ha sido utilizado tradicionalmente para tratar diversas afecciones, tales como dolores de cabeza, fiebre y problemas digestivos, gracias a sus propiedades analgésicas y antiinflamatorias, además se utiliza para tratar problemas respiratorios comunes, como la bronquitis y el asma (Dzoyem et al., 2017).

En la región andina, el chile manzano, también conocido como rocoto, tiene una gran importancia cultural, se le considera un símbolo de fertilidad, abundancia y es utilizado en diversas ceremonias de purificación y protección (Murra, 1980).

6. Sanidad del cultivo

La planta y el fruto del chile manzano son susceptibles a la acción de patógenos tanto durante el ciclo de cultivo como en la postcosecha, lo que afecta tanto el rendimiento como la calidad (Gómez, 2021).

El ácaro *Tetranychus urticae* causa daños en las hojas, reduciendo su capacidad fotosintética (Hernández et al., 2016). Por su parte, *Bemisia tabaci* es un vector del virus del mosaico del tabaco (TMV) y del virus del mosaico del pepino, ambos muy perjudiciales, ya que afectan negativamente tanto el rendimiento como la calidad de los frutos, los pulgones (*Aphis gossypii*) causan daños en hojas y tallos y pueden transmitir enfermedades virales, mientras que el minador de la hoja (*Liriomyza* spp.) provoca daños al perforar las hojas, reduciendo la fotosíntesis (Nieto et al., 2016).

Las enfermedades más frecuentes en el chile manzano incluyen marchitez causada por *Fusarium oxysporum*,

Phytophthora capsici y *Rhizoctonia solani* (Vallejo-Gutiérrez et al., 2019), así como lesiones hundidas con micelio blanquecino y pudrición de frutos provocadas por *Fusarium sambucinum* (Almaraz-Sánchez et al., 2019). También se presentan polvo blanco en las hojas causado por *Oidium* spp., y lesiones necróticas en hojas y frutos debido a *Colletotrichum* spp., *Xanthomonas campestris*, y los virus del mosaico del tabaco y del pepino (Hernández, 2016). Otras enfermedades menos frecuentes, pero no de menos importancia son las causadas por *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani* y la roya provocada por *Puccinia* spp. (Soto et al., 2023).

En los cultivos de *C. pubescens*, como en la mayoría de los cultivos, el monocultivo, especialmente a cielo abierto, favorece la aparición de problemas fitosanitarios con mayor frecuencia (Barrios et al., 2014). Por esta razón, es crucial implementar prácticas adecuadas de control y prevención; una práctica reciente y eficiente es el uso de productos que contienen inductores de resistencia, como el silicio, que ayudan a fortalecer las plantas contra diversas enfermedades (Chávez y Alanya, 2024).

7. Comercialización

La calidad del fruto está estrechamente relacionada con su sanidad, color, tamaño y peso, por esta razón, los frutos de chile manzano se clasifican de la siguiente manera: extra para aquellos que pesan más de 64 g, primera entre 54 y 63 g, segunda de 34 a 53 g, y tercera para los que tienen un peso menor a 33 g (Espinosa-Torres et al., 2014). En los mercados locales de Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec harinas y los demás municipios productores se vende sin una selección propiamente dicha, igualmente se pueden encontrar frutos grandes que chicos; frutos con síntomas de daños por plagas y enfermedades que sanos (Figura 7).



Figura 7. Forma en que se oferta el chile manzano en los mercados locales de las zonas productoras del Estado de México.

El almacenamiento adecuado del chile manzano es crucial para mantener la calidad del fruto, ya que su vida de anaquel mejora cuando se almacenan a temperaturas de entre 5 y 12 °C, lo cual ayuda a evitar pérdidas postcosecha al retrasar el

cambio de color; in embargo, es importante destacar que se pueden presentar pérdidas de peso, firmeza y ácido cítrico con el tiempo (Espinosa-Torres et al., 2010).

La cadena de suministro que se ocupa en la producción de chile manzano se describe en la figura 8.



Figura 8: Cadena de suministro que ocurre en el chile manzano en el Estado de México.

Conclusiones

Es necesario seguir profundizando en el estudio de la estructura genética del chile manzano y sus patrones de variación, así como ampliar los estudios sobre su adaptación y uso. Además, es crucial implementar programas de conservación y manejo de germoplasma para proteger la diversidad genética y desarrollar programas de mejoramiento genético que nos permitan proveer material genético adaptable a diversas zonas, con tolerancia a plagas y enfermedades, lo que contribuiría a una producción agrícola sostenible y rentable.

El cultivo de chile manzano representa una oportunidad para diversificar la producción agrícola, especialmente en las regiones montañosas. Con la adopción de prácticas y tecnologías adecuadas, se puede lograr una alta productividad y rentabilidad a mediano y largo plazo.

Este cultivo tiene una gran importancia cultural y medicinal en las comunidades donde se cultiva, especialmente en sistemas agroecológicos. Por ello, es una especie valiosa, y resulta esencial continuar con su investigación. También es importante documentar sus propiedades y usos para garantizar y diversificar aún más su aplicación en la cocina.

Referencias

- Almaraz-Sánchez A., Ayala-Escobar V., Tlatilpa-Santamaría I. F., Nieto-Ángel, D. (2019). *Fusarium sambucinum* Fuckel causal agent of fruit rot of manzano chilli pepper (*Capsicum pubescens*) in Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 37(1): 159-169. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1810-2.
- Alonso-Villegas, R., González-Amaro, R. M. Figueroa- Hernández, C. Y., Rodríguez-Buenfil, I. M. (2023). The genus *Capsicum*: A review of bioactive properties of its polyphenol and capsaicinoid composition. *Molecules*, 28, 4239. DOI: 10.3390/molecules28104239.
- Andrés-Meza, P., M. Merino-Valdés, O. R. Leyva-Ovalle, J. Murguía-González, J. Del Rosario-Arellano, M. Cebada-Merino, J. L. Del Rosario-Arellano, M. E. Galindo Tovar, M. Sierra-Macias, A. Espinosa-Calderón, M. Tadeo-Robledo, J. Mejía-Carranza, H. G. Prieto-Encalada, F. A. Mata-Morales, J. A. Vera-Heredia y S. Basilio-Barojas (2019). Producción de chile Manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.) en la región de las altas montañas de Veracruz, México. Instituto Literario de Veracruz S. C., Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Región Orizaba-Córdoba. 48 p.
- Ayala, A. B.; Mejía, C. J.; Imelda Martínez, E. I.; Rubí, A. M., Vázquez, G. L. M. (2017). Caracterización morfológica de híbridos de chile manzano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (4): 825-836. DOI: 10.29312/remexca.v8i4.10.
- Barrios, P. G., Espinosa, T. L. E., Figueroa, H. E., Ramírez, A. O. (2014). Evaluación técnica, financiera y comercial de los sistemas de producción

- de chile manzano (*Capsicum pubescens* R Y P) en México. *Análisis Económico*, 29(71): 209-219.
- Chávez, S. J. L., Castillo, G. F. (1999). Variabilidad en caracteres morfológicos de colectas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R & P). *Revista Fitotecnica Mexicana*, 22: 27-41.
- Chávez, V., Alanya, A. (2024). Control de pudrición en *Capsicum pubescens*: Evaluación de inductores de defensa en condiciones in vitro, Acobamba. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 5(2): 49-57. DOI: 10.55996/dekamuagropec.v5i2.287.
- Colonna, V., D'Agostino, N., Garrison, E., Albrechtsen, A., Meisner, J., Facchiano, A., Cardí, T., Tripodi, P. (2019). Genomic diversity and novel genome-wide association with fruit morphology in *Capsicum*, from 746k polymorphic sites. *Scientific Reports*, 9, 10067. DOI: 10.1038/s41598-019-46136-5.
- Dzoyem, J. P., McGaw, L. J., Kuete, V., Bakowsky, U. (2017). Anti-inflammatory and Anti-nociceptive Activities of African Medicinal Spices and Vegetables. *Medicinal Spices and Vegetables from África*, 239-270. DOI: 10.1016/B978-0-12-809286-6.00009-1.
- Escalera-Ordaz, A. K., Guillén-Andrade, H., Lara-Chávez, M. B. N., Lemus-Flores, C., Rodríguez-Carpena, J. G., Valdivia-Bernal, R. (2019). Caracterización de variedades cultivadas de *Capsicum pubescens* en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 23: 239-251. DOI: 10.29312/remexca.v0i23.2024.
- Espinosa-Torres, L. E. y Villa-Galindo, A. (2008). Regiones productoras de chile manzano. *Rev. Ext. Campo*, 8-12.
- Espinosa-Torres, L. E., Pérez-Grajales, M., Martínez-Damián, M. T., Castro-Brindis, R., Barrios-Puente, G. (2010). Efecto de empaques y temperaturas en el almacenamiento de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz y Pavón). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(2): 115-121.
- Espinosa-Torres, L. E., Ramírez-Abarca, O., Figueroa, H. E. (2014). Tipología del mercado de chile manzano en el Estado de México. *Debate Económico*, 3(8): 143-163.
- Espinosa-Torres, L. E., Ramírez-Abarca, O. (2016). Rentabilidad de chile manzano (*Capsicum pubescens* R Y P) producido en invernadero en Texcoco, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2): 325-33. DOI: 10.29312/remexca.v7i2.347.
- García-Serquén, A. L., Amasifuen, G. C. A., Valdez, A. I. A., Quispe, J. F. E., Medina, S. C., Hinostroza, G. L. R., Vilchez, P. D., García, R. P. V., Pacheco, L. G. A., Medina, L. J. V. (2022). Catálogo de rocoto del banco de germoplasma del INIA. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Perú. 231 p.
- García-Díaz, R. F., Castañeda-Garzón, S. L., Valdéz-Hernández, E. F. (2018). Quality of rocoto pepper (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.) seeds in relation to extraction timing. *Acta agronómica*, 67(2): 246-251. DOI: 10.15446/acag.v67n2.59057.
- Gill-Langarica, H. R., Mayek-Pérez, N. (2008). Los marcadores moleculares en el mejoramiento genético de la resistencia a enfermedades del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): aplicaciones y perspectivas. *Revista Mexicana de fitopatología*, 26(2): 164-176.
- Gómez, G. V. E. (2021). Uso indiscriminado de plaguicidas en la cadena de valor del rocoto (*Capsicum pubescens*) en Oaxapampa. *Anales Científicos*, 82(1): 22-32. DOI: 10.21704/ac.v82i1.1738.
- González, J. J., Zúñiga, O. Y. (2014). Rendimiento, precocidad y calidad de fruto de veinticinco híbridos de chile manzano (*Capsicum pubescens* RyP). Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. 43 p.
- Guzmán, F. A., Moore, S., de Vivenye, M. C., Jahn, M. N. (2020). Microsatellites to enhance characterization, conservation and breeding value of *Capsicum* germoplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(3): 569-585. DOI: 10.1007/s10722-019-00801-w.
- Hardy, E. W. (2012). The taxonomy of the genus *Capsicum*. In: *Peppers: botany, production and uses* (ed. V. M. Russo). CAB International, 14-28.
- Hernández-Amasifuen, A. D., Argüelles-Curaca, A., Apolinario Cortez-Lázaro, A. y Díaz-Pillasca, H. B. (2019). Inducción in vitro de callos a partir de explantes foliares en rocoto (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida*. 1-10.
- Hernández-Amasifuen, A., Pineda-Lázaro, A. J., Maicelo-Quintana, J. L., Guerrero-Abad, J. C. (2024). In vitro shoot regeneration and multiplication of peruvian rocoto chili pepper (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). *International of Journal Plant Biology*, 15: 979-987. DOI: 10.3390/ijpb15040069.
- Hernández-Hernández I., Pérez, G. M., Rodríguez-Pérez, J. E., Peña-Lomeli, A. (2024). MAYITO: Nueva variedad de chile manzano. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 47(3): 321-323. DOI: 10.35196/rfm.2024.3.321.
- Hernández-Ortega, M., Ortiz-Moreno, A., Hernández-Navarro, M., Chamorro, G., Dorantes, L., Necoechea-Mondragón, H. (2012). Antioxidant, Antinociceptive, and Anti-Inflammatory Effects of Carotenoids Extracted from Dried Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of biomedicine & biotechnology*, 524019. DOI: 10.1155/2012/524019.
- Hernández, S. E. (2016). Manual para la producción de chile manzano en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji. 34 pp.
- Leyva-Ovalle, O. R., Andrés-Meza, P., Del Valle-Hernández, D., Meneses-Márquez, I., Murguía-González, J., Galindo-Tovar, M. E., López-Sánchez, H., Serna-Lagunes, R., Del Rosario-Arellano, L., Lee-Espinoza, H. E., Sierra-Macías, M., Espinosa-Calderón, A. (2018). Morphological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.) landraces in the central region of Veracruz state, México. *Revista Bio Ciencias*, 5, e388. DOI: 10.15741/revbio.05.e388.
- Martínez, I. (2013). Caracterización morfológica de tres colectas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.), de la región sur del Estado de México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Merino-Valdés, M., Andrés-Meza, P., Leyva-Ovalle, O. R., López-Sánchez, H., Murguía-González, J., Núñez-Pastrana, R., Cebada-Merino, M., Serna-Lagunes, R., Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Sierra-Macías, M., Del Rosario-Arellano, J. L. (2018). Influencia de tratamientos pregerminativos en semillas de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). *Acta Agronómica*, 67(4), 531-537. DOI:10.15446/acag.v67n4.73426.
- Meckelmann, S. W., Jansen, C., Riegel, D. W., Van Zonneveld, M., Ríos, L., Peña, K., Mueller-Seitz, E., Petz, M. (2015). Phytochemicals in Native Peruvian *Capsicum pubescens* (Rocoto). *European Food Research and Technology*, 241: 817-825. DOI: 10.1007/s00217-015-2506-y.
- Murra, J. V. (1980). The Economic Organization of the Inka State. In *Research in Economic Anthropology*, XXXII, 208. Prensa JAI Greenwich, Connecticut. <https://ehrafarchaeology.yale.edu/document?id=se80-017>.
- Nieto, N. J. M., Fuentes, C. E., Castro, C. M., Aldea, P. M., Ortego, J., Mier, D. M. P. (2016). Catálogo de los áfidos (Hemiptera, Aphididae) de Chile, con plantas hospedadoras y distribuciones regional y provincial. *Graellsia*, 72(2): e050. DOI: 10.3989/graelisia.2016.v72.167.
- Oliva, M., Oliva, J., Oliva, L., Truco, C., Carranza, J. (2019). Selección de ecotipos de rocoto (*Capsicum pubescens*) con alta productividad y grado de picor manejados bajo sistema agroforestal en el distrito de Molinopampa, Amazonas. *Revista de investigación agroproducción sustentable*, 3(2): 75-85. DOI: 10.25127/aps.20192.496.
- Palombo, N. E., Carrizo G. C. (2022). Geographical patterns of genetic variation in locoto chile (*Capsicum pubescens*) in the Americas inferred by genome-wide data analysis. *Plants*, 11(21): 2911. DOI: 10.3390/plants11212911.
- Pérez-Grajales, M., González-Hernández, A. V. Peña-Lomeli, A., Sahagún-Castellanos, J. (2009) Combining ability and heterosis for fruit yield and quality in manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 15(1), 103-109.
- Pérez, G. M., Castro, B. R. (2012) El chile manzano. 2ª reimpression. Universidad Autónoma Chapingo UACH. Reimpression, 128 p.
- Pérez-Reyes, T. Q., Leyva-Mir, S. G., Pérez-Grajales, M., Martínez-Damián, M. T., Ramírez-Ramírez, I., Castro-Brindis, R. (2024). Calidad de fruto de chile manzano (*Capsicum pubescens* RUIZ & PAV.) injertado en CM-334 (*Capsicum annuum* L.) crecido en suelo infestado con *Phytophthora capsici* LEONIAN. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 47(3): DOI: 10.35196/rfm.2024.3.253.
- Poulos, J. M., Poulsen, K., Ochoa, J. (1994). Inheritance of disease resistance and fruit size in *Capsicum pubescens*. *HortScience*, 29(11):1313-1316.
- Rojas-Lara, P. C., Colinas-León, M. T., Pérez-Grajales, M., Sahagún-Castellanos, J. (1999). Influencia del sombreado en el comportamiento vegetativo y reproductivo del chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz, López y Pavón). *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 5(1): 9-13.
- Serna-Lagunes, R., Andrés-Meza, P., Leyva-Ovalle, O. R., Del Rosario-Arellano, J. L., Merino-Valdés, M., Murguía-González, J., Galindo-Tovar, M. E., Mejía-Carranza, J., Mauro Sierra-Macías, M., Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Del Rosario-Arellano, J. (2020). Ecological niche of semidomesticated populations of *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. based on accessions from Veracruz, Mexico. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 43(4): 389-397. DOI:10.35196/rfm.2020.4.389.
- SNICS. 2023. Catálogo nacional de variedades vegetales. SADER. 211 p.
- Soto, P. B. V., Inga, O. J. H., Buendía, Q. B. F., Álvarez, R. F. J., Alfredo Rubén Bernal, M. A. R., Vásquez, G. T. P. (2023). Evaluación del cultivo de rocoto (*Capsicum pubescens*) en Oaxapampa Perú para una producción sostenible. In: *Estudos agroecológicos: o avanço da ciência no Brasil*, 2: 139-156. DOI: 10.37885/231014820.
- Undang, Syukur, m., Wahyu, Y., Qadir, A., Marwiyah, S., Medaraji, S. P. (2025). Seed Diversity Five Species of Chili (*Capsicum* spp.) Based on Morphological Characters and Seed Viability: Keanekaragaman Benih

- Lima Spesies Cabai (*Capsicum* spp.) Melalui Karakter Morfologi dan Viabilitas Benih. Jurnal Hortikultura Indonesia, 16(1), 47-57. DOI: 10.29244/jhi.16.1.47-57.
- Vera-Guzmán, A. M., Chávez-Servia, L., Carrillo-Rodríguez, J. C., López, M. G. (2011). Phytochemical evaluation of wild and cultivated pepper (*Capsicum annum* L. and *C. pubescens* Ruiz and Pav.) from Oaxaca, México. Chilean Journal of Agricultural Research. 71(4): 578-585.
- Vallejo-Gutiérrez A. J., Mejía-Carranza J, García Velasco R. Ramírez-Gerardo M. G. (2019). Response of *Capsicum pubescens* genotypes to damage caused by the fungal wilt complex. Revista Mexicana de Fitopatología 37(1): 50-70. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1809-3.
- Yapo-Cárdenas, F. M. y Pacheco-Lizárraga G. A. (2023). Manual de manejo agronómico de rocoto. Instituto Nacional de Innovación Agraria. 58 p.
- Zúñiga, U. P. T., Pacheco, S. R. A. (2007). Germinación y desarrollo de plántulas de *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. (Solanaceae) en el jardín Botánico José Celestino Mutis, Bogotá, D.C. -Colombia. Revista Pérez Arbelaezia. 18: 33