

Fisiología y manejo de postcosecha del tamarillo (*cyphomandra betacea*)

Silvina I. Portela

Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616
Estados Unidos de América

Resumen

El tamarillo o tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) es una baya de piel roja, roja oscura o amarilla según el tipo; la pulpa debajo de la piel es succulenta y un poco insípida, y posee dos lóculos con abundantes semillas rodeadas por tejido mucilaginoso jugoso y de sabor agridulce. Durante su desarrollo describe una curva de crecimiento simple sigmoidea y durante la maduración se comporta como fruto no climatérico. El tamarillo se considera comercialmente maduro entre 21 y 24 semanas después de antesis. Color, firmeza, contenido de jugo y de sólidos solubles son utilizados como índices de cosecha. Las condiciones óptimas de almacenamiento son 3,0-4,5 °C y 90-95 % humedad relativa; por debajo de 3,0 °C los frutos sufren daño por frío y a temperaturas mayores que 4,5 °C las pérdidas por podredumbres

umentan marcadamente. Las podredumbres fúngicas, principal causa de pérdidas en postcosecha, se controlan con un baño en agua a 50 °C durante 8-10 minutos y aplicaciones de fungicidas y ceras; de este modo la fruta se puede conservar por 6-8 semanas. Otros factores que afectan la calidad de los frutos son la susceptibilidad a diversas virosis que causan un moteado en la piel y la presencia de concreciones de silicatos en la pulpa cuyo origen es desconocido. Como cierre, se propone un conjunto de líneas de investigación a desarrollar para mejorar la postcosecha de este fruto.

Palabras clave: Tamarillo - Tomate de árbol - *Cyphomandra betacea* - Fisiología de postcosecha - Enfermedades de postcosecha

Postharvest physiology and handling of tamarillos (*Cyphomandra betacea*)

Summary

The tamarillo (*Cyphomandra betacea*) is a red, dark red or yellow-skinned, depending on the type, berry; with a succulent pulp and two locules with many seeds surrounded by a mucilaginous, juicy tissue with a sweet-sour flavor. During development it follows a simple sigmoid growth curve and during ripening it behaves as a non-climacteric fruit. Tamarillos are commercially mature at 21-24 weeks after anthesis. Maturity is indicated by color, firmness, juice content and soluble solids content. The optimum storage conditions are 3.0-4.5 °C and 90-95 % relative humidity; below 3.0 °C the fruit is affected by low-temperature disorders and above 4.5 °C fungal decay increases markedly. The development

of fungal rots during storage is the most important cause of postharvest losses and it is controlled with a hot water dip (50 °C for 8-10 minutes) in combination with a postharvest fungicide and wax treatment. Other factors that affect fruit quality are its susceptibility to several viruses that cause the skin to mottle and the presence of 'stones' of silicates in the flesh, the cause of which is not determined. This review highlights research needed to improve production and postharvest of this fruit.

Key words: Tamarillo - *Tomate de árbol* - *Cyphomandra betacea* - Postharvest physiology - Postharvest diseases

Introducción

El tamarillo o tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cavanilles) Sendtner) pertenece a la familia de las Solanáceas. La planta es un pequeño árbol subtropical de 2-4 metros de altura, con un tronco principal que se ramifica a una altura de 1-1,5 metros. Las hojas son perennes, grandes, cordiformes y pubescentes en su cara abaxial; las flores son blancas o rosadas y están agrupadas en inflorescencias axilares cerca de los extremos de las ramas (5, 11, 23).

El centro de origen de *Cyphomandra betacea* se encuentra en Sudamérica, de donde son nativas la gran mayoría de las especies de *Cyphomandra*. Su área de distribución se extiende a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta el norte de Argentina, pero no hay certeza acerca de dónde se encuentran sus formas primitivas. Brücher (6) sostiene que probablemente haya derivado de *C. bolivariensis*, una especie indígena del sudeste de Venezuela y sur de las Guayanas. En cambio, Bohs (5), sitúa hipotéticamente ese origen en las “yungas”, selvas y bosques de montaña del sur de Bolivia y noroeste de Argentina. Algunas características botánicas como su forma de crecimiento (semejante al de las especies salvajes del género), o el gran número de semillas que ocupan una proporción sustancial del fruto, sugieren que la especie ha sido domesticada hace relativamente poco tiempo (16).

En el siglo XIX el tomate de árbol se difundió por todos los continentes, y actualmente se cultiva en forma comercial en varios países, entre los cuales se destacan Ecuador, Perú, Colombia y Nueva Zelanda. Fue introducido en Nueva Zelanda en 1891 y debido a la escasez de frutas y verduras sufrida por este país durante la Segunda Guerra Mundial se convirtió en un cultivo importante. Hoy, Nueva Zelanda es el principal productor comercial de tomate de árbol (5, 15, 22).

El tomate de árbol tiene muchos nombres comunes, especialmente en América Central y Sudamérica. Sin embargo, en 1967 los neocelandeses eligieron el nombre “tamarillo” para reemplazar al de “tomate de árbol” en busca de un nombre comercial más atractivo y para diferenciarlo del tomate común (*Lycopersicon esculentum*) (5, 10, 15, 22).

Existen tres tipos de tamarillos de acuerdo a su color: rojos oscuro, rojos y amarillos. Los primeros son los más difundidos en las plantaciones neocelandesas, y son los preferidos para el mercado fresco por su gran tamaño, excelente calidad y atractivo color. La primera línea de tamarillos rojos cultivados en Nueva Zelanda fue desarrollada hacia fines de 1920 y nombrada New Black. A partir de ese momento surgieron otros cultivares desarrollados a partir de diversas fuentes (Oratia Red, Rothamer, Ruby Red). Los cultivares amarillos (Goldmine, Inca Gold, Solid Gold, Yellow, Ecuadorian Orange) son los mejores para procesar por su tamaño mediano, buen sabor (más suave que el de los frutos rojos y levemente amargo) y por tener menor contenido de antocianinas. Esto último es fundamental para evitar la reacción con el metal de los envases que resulta en un desagradable color azul (10, 15, 22, 23).

El sabor del tamarillo es parecido al del tomate común aunque un poco más ácido, menos jugoso y notablemente perdurable en la boca. Las formas de consumirlo también son similares a las del tomate común: frescos, en ensaladas y sandwiches, cocinados, a la parrilla o en guisos, en salsas, *chutneys*, jugos y dulces (3, 5, 11, 22, 23).

Descripción del fruto

El fruto es una baya elíptica, puntiaguda en ambos extremos y coronada por un cáliz cónico persistente y un largo pedicelo. El tamaño del fruto maduro oscila entre 4 y 10 cm de largo, y entre 3 y 5 cm de diámetro. La

piel (exocarpo) es suave, y según el tipo de tamarillo puede ser de color púrpura, rojo oscuro, anaranjado, amarillo o rojo y amarillo, a veces con un veteado oscuro en sentido longitudinal. El color de la pulpa debajo de la piel (mesocarpo) también varía en función del tipo, de rojizo o anaranjado a amarillo o blancuzco. Tiene numerosas semillas distribuidas en dos lóculos y rodeadas por un tejido mucilaginoso negro en los frutos de color púrpura o rojo, y amarillo en los de color amarillo o anaranjado. La piel es de textura áspera y sabor desagradable, la pulpa, succulenta y un poco insípida, y el tejido que rodea a las semillas, jugoso y de sabor agridulce (5, 22).

Crecimiento del fruto

Las plantas de tamarillo tienen su primera floración aproximadamente un año después del trasplante. A los 3 ó 4 años de trasplantados, los árboles se encuentran en plena producción, y su vida comercial es de aproximadamente 8 años. El período de floración es relativamente largo, de modo que en un momento dado, cada

árbol tiene frutos en distintos estadios de desarrollo (15).

El crecimiento del fruto sigue una curva simple sigmoidea, mostrando un incremento de peso fresco (y de volumen) rápido y lineal entre la sexta y décimosexta semana después de antesis; después de este período el crecimiento cesa (24). Sin embargo, el peso seco del fruto continúa incrementándose hasta llegar a un máximo en la vigésima semana después de antesis (9). Los tamarillos se consideran comercialmente maduros entre 21 y 24 semanas después de antesis (24).

Respiración y producción de etileno

Pratt y Reid (24) cosecharon tamarillos rojos y amarillos de 5 a 23 semanas de edad y monitorearon su respiración, demostrando que la tasa respiratoria disminuye a medida que la edad del fruto aumenta. Los frutos maduros presentaron una tasa respiratoria relativamente alta inmediatamente después de la cosecha (35 $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a 20 °C), que luego disminuyó suavemente hasta el comienzo de la senescencia (Figura 1). En este estudio también

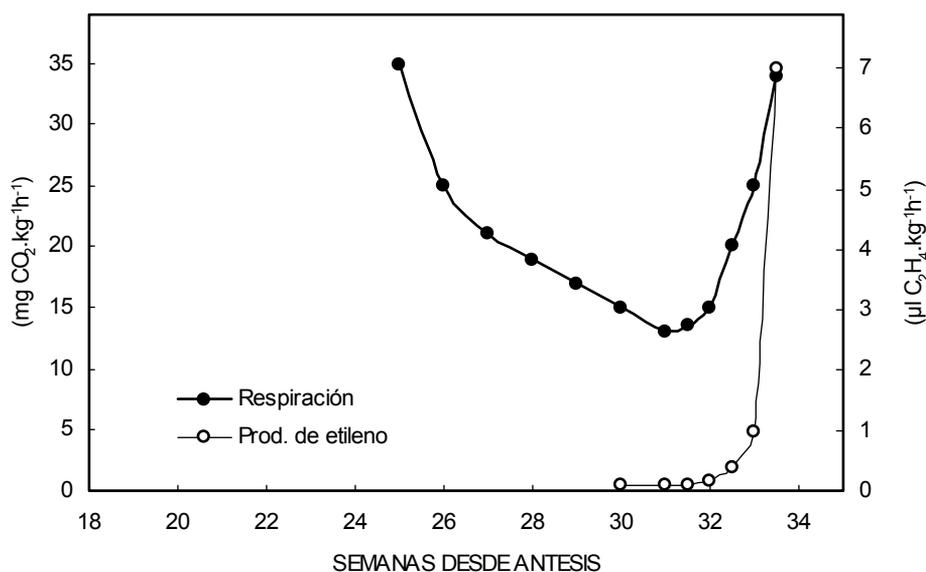


Figura 1. Respiración y producción de etileno de tamarillos cosechados en estado rojo (25 semanas después de antesis) y conservados a 20 °C. Seis semanas después de cosechados los frutos presentaban color rojo oscuro y el cáliz comenzaba a senecer, y 8 semanas después de la cosecha los frutos presentaban infecciones fúngicas y necrosis del pedicelo. Adaptado de 24.

se midió la producción de etileno de los frutos cosechados y se demostró que es ínfima a lo largo del desarrollo del fruto (menor a $0,10 \mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ a $20\text{ }^\circ\text{C}$) hasta el inicio de la senescencia, cuando se incrementa abruptamente junto con la tasa respiratoria. A partir de este estudio se concluyó que los tamarillos son frutos no climatéricos.

Espina y Lizana (14) midieron en tamarillos rojos maduros un pico de respiración después de 13 días a $18\text{ }^\circ\text{C}$ y lo clasificaron como climatérico; sin embargo, no midieron la producción de etileno en ese período. Para que una fruta sea considerada climatérica debe mostrar un incremento en la tasa respiratoria y en la de producción de etileno durante la maduración (2, 32).

Cambios en la composición del fruto durante su desarrollo

Los tamarillos de cultivares rojos permanecen de color verde hasta que cesa el crecimiento del fruto, alrededor de la décimosexta semana después de antesis. A partir de ese momento, comienza a aparecer un color violáceo en el extremo apical que,

posteriormente, se va a extender sobre el fruto entero. Alrededor de la décimonovena semana después de antesis, el color verde de base empieza a virar a amarillo y el aparente color púrpura revela ser rojo. La coloración violácea del tejido que rodea a las semillas se evidencia alrededor de la décimosegunda semana después de antesis, y se intensifica hasta la vigésimoprimera semana, cuando comienza a disminuir en intensidad nuevamente. Los frutos de cultivares amarillos presentan un patrón de cambio de color similar, excepto que la coloración roja es muy leve, resultando finalmente en un color anaranjado claro, y sin que aparezca pigmentación roja alrededor de las semillas (19, 24).

Los cambios en la coloración de la piel se deben a la degradación de la clorofila y al incremento en la concentración de antocianinas y carotenos. Sin embargo, el aumento en la concentración de antocianinas en la piel es muy pequeño en las 4-6 semanas previas a la madurez comercial (Figura 2). La concentración de antocianinas, carotenos y clorofilas del tejido que rodea a las semillas es máximo cuando la fruta se encuentra en el estado violeta y luego disminuye (13, 19).

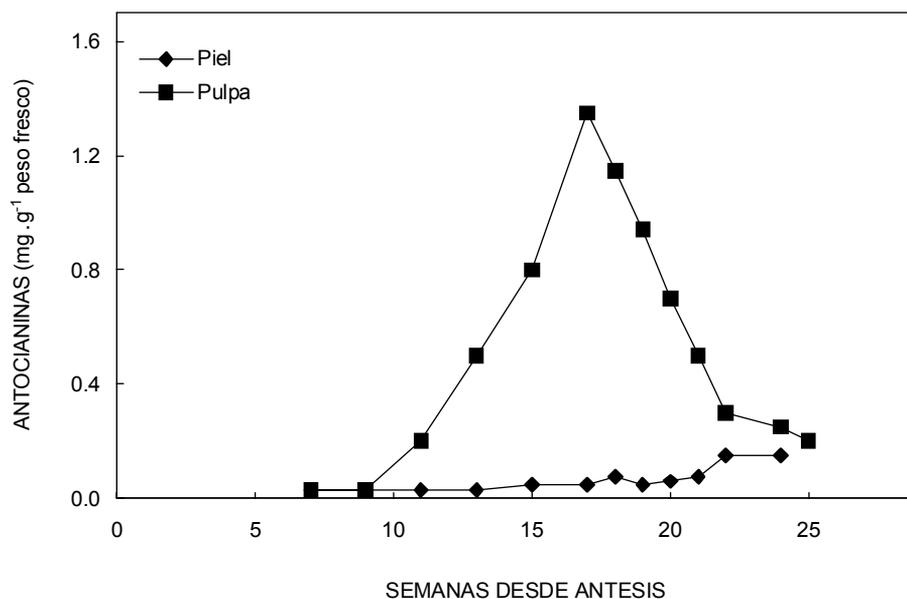


Figura 2. Cambios en el contenido de antocianinas en la piel y pulpa de tamarillos del tipo rojo durante el desarrollo y la maduración de los frutos. Adaptado de 19.

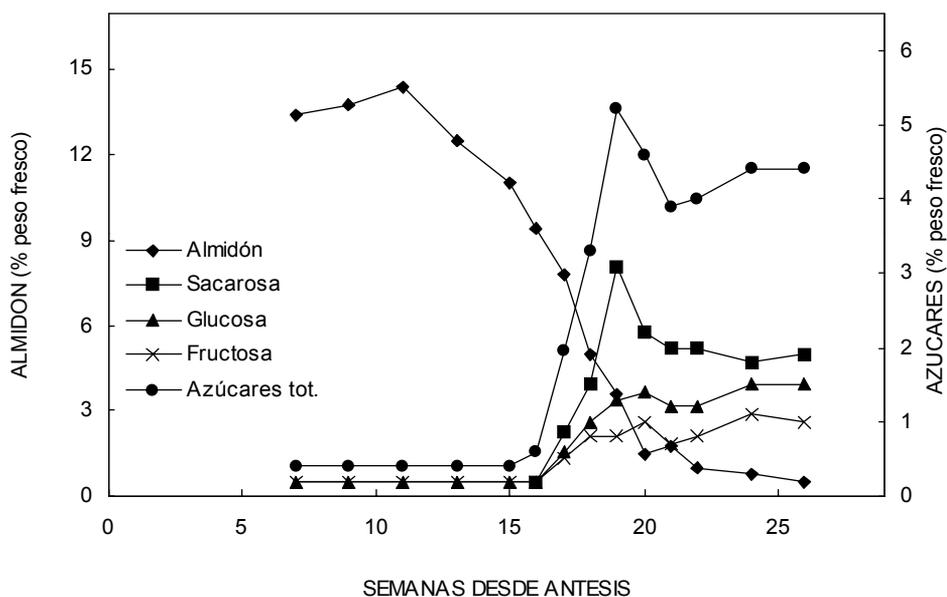


Figura 3. Cambios en el contenido de almidón y de azúcares durante el desarrollo y maduración de tamarillos del tipo rojo. Adaptado de 19.

Las principales antocianinas que se identificaron en tamarillos rojos maduros son: pelargonidin-3-rutinosido, pelargonidin-3-glucosido, cianidin-3-rutinosido, cianidin-3-glucosido, delphinidin-3-rutinosido y delphinidin-3-glucosido (34). El tejido mucilaginoso que rodea a las semillas presenta mayor concentración de antocianinas ($6,4 \times 10^{-3} \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ peso fresco) que la piel y la pulpa adyacente a la piel ($9,7 \times 10^{-4}$ y $3,2 \times 10^{-4} \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ peso fresco, respectivamente).

Los principales carotenos presentes en tamarillos rojos maduros son criptoxantina ($6,8-12,3$ y $9,8-18,2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ peso fresco en la piel y pulpa, respectivamente) y *B*-caroteno ($6,2-12,8$ y $4,9-11,8 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ peso fresco en la piel y pulpa, respectivamente) (26). El valor del fruto como aportador de pro-vitamina A proviene principalmente de estos dos carotenos. Los frutos amarillos presentan mayor concentración de *B*-caroteno ($7,8$ versus $5,6 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ parte comestible) pero no se analizó el contenido de criptoxantina (33). Otras vitaminas presentes en cantidades importantes son (x 100 g): tiamina (0,28-0,71 mg),

riboflavina (0,28 mg), y niacina (7,09-8,51 mg) (11).

Los frutos inmaduros tienen un alto contenido de almidón (14 % del peso fresco) que, antes de la culminación de la etapa de crecimiento activo, comienza a disminuir hasta llegar a menos del 1 % en los frutos maduros. La disminución en el contenido de almidón está acompañada por un aumento en la concentración de sólidos solubles y azúcares. Los cambios en las concentraciones de los principales azúcares individuales (sacarosa, glucosa y fructosa) reflejan los observados en la concentración de azúcares totales. Los cambios en el contenido de almidón y azúcares que ocurren durante el desarrollo del tamarillo terminan alrededor de cinco semanas antes de que el fruto esté listo para ser consumido (Figura 3) (19). Distintos autores han presentado valores diferentes de concentración de azúcares totales; sin embargo, todos hallaron que los tamarillos rojos presentan valores mayores que los amarillos (4,7-6,8 % y 2,8-6,2 % en los tamarillos rojos y amarillos, respectivamente) (7, 20, 27, 28, 33). La

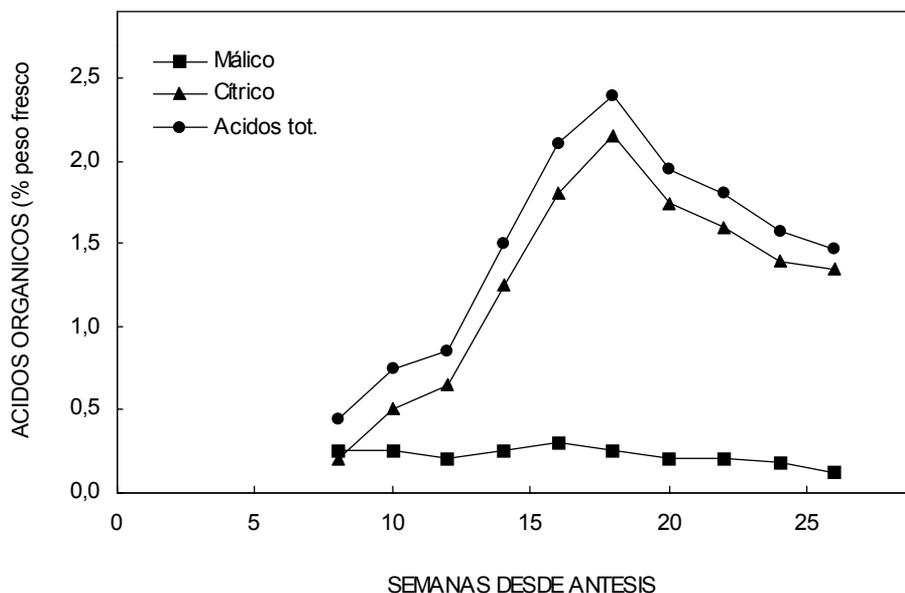


Figura 4. Cambios en el contenido de ácidos orgánicos durante el desarrollo y maduración de tamarillos del tipo rojo. Adaptado de 19.

sacarosa es el azúcar predominante en los tamarillos rojos; en el caso de los amarillos, algunos autores encontraron que la sacarosa es el principal (27), otros que los azúcares reductores son predominantes (33) y otros que no hay diferencias significativas entre los tres componentes (20).

El cítrico y el málico son los ácidos orgánicos predominantes en tamarillo a lo largo del desarrollo del fruto (19). La concentración de ácido cítrico aumenta rápidamente durante el período de activo crecimiento del fruto, llegando a más del 2 % del peso fresco; luego disminuye hasta 1,4 % en los frutos maduros (Figura 4). La concentración de ácido málico es relativamente baja durante todo el período de desarrollo del fruto (0,2 % del peso fresco en frutos maduros). Otros ácidos presentes en menor proporción son el glutámico, aspártico, fosfórico, ascórbico y quínico (20). La concentración de ácido ascórbico aumenta durante la maduración, llegando en frutos maduros a valores entre 21,9 y 45,0 y entre 19,7 y 35,0 mg·100 g⁻¹ peso fresco en tamarillos rojos y amarillos, respectivamente

(7, 25, 27, 33). Romero-Rodríguez *et al.* (27) determinaron que el contenido de ácido quínico de tamarillos maduros de Galicia (España) es diez veces mayor que el de málico. Los mismos autores encontraron mayor contenido de ácidos totales en tamarillos maduros amarillos que en rojos (2,7 % versus 2,2 %), en desacuerdo con otros estudios y con el hecho que los tamarillos amarillos generalmente presentan un sabor más suave que los rojos (7, 20). Estas discrepancias pueden tener origen en las características ambientales particulares de las distintas zonas de producción (Galicia versus Nueva Zelanda).

El contenido de pectina disminuye de 1 % a 0,75 % del peso fresco a lo largo del desarrollo del fruto (19). La concentración de pectinas solubles en agua aumenta durante la maduración, pasando a ser la fracción predominante en los frutos maduros (0,4 %), mientras que las fracciones solubles en oxalato (ácidos pécticos) y en medio alcalino (protopectinas) disminuyen. El aumento en la solubilización de las pectinas puede ocurrir como consecuencia de la ruptura de uniones

de calcio o de rupturas en los ejes centrales de las pectinas (constituídos por ramnogalacturonanos y homogalacturonanos), o de las cadenas laterales (pectinas neutras) (32). La lisis de uniones entre pectinas y hemicelulosas también podría resultar en un aumento en la solubilización de las pectinas.

Cosecha

Como consecuencia del hábito de crecimiento indeterminado, no toda la fruta de un árbol madura al mismo tiempo y es necesario realizar múltiples cosechas. Los tamarillos se cosechan a mano, partiendo el pedicelo en la zona de abscisión que se forma a 3,5-5 cm de la base del fruto (15).

El momento óptimo para cosechar los tamarillos de cultivares rojos es cuando están color violeta. Otros índices recomendables para determinar la madurez del fruto con mayor precisión son la firmeza, el contenido de jugo y el contenido de sólidos solubles (13). El color del pedicelo en combinación con el color de la piel también fue sugerido como índice de madurez (21).

Respuesta al tratamiento con etileno

El-Zeftawi *et al.* (13) demostraron que tamarillos del tipo rojo oscuro cosechados en estado de madurez violeta y conservados a 20 °C continuaron el proceso de maduración a través del ablandamiento de la pulpa, la disminución en acidez titulable y el aumento en el contenido de jugo y de sólidos solubles. Sin embargo, después de dos semanas a 20 °C, los frutos no presentaron el mismo color rojo que los frutos que permanecieron en el árbol.

El tratamiento con etileno en postcosecha estimula la maduración de los tamarillos (24, 25). Pratt y Reid (24) trataron frutos en distintos estadios de desarrollo (de 5 a 23 semanas después de anthesis) con 100 ppm de etileno a 20 °C y observaron un incremento

transitorio en la tasa de respiración de frutos (proporcional a la tasa de respiración previa al tratamiento). El tratamiento con 500-750 ppm de etefon estimuló la maduración de tamarillos de los tres tipos cosechados en estado de madurez violeta y conservados a 18 ó 28 °C y 90 % humedad relativa (25). Después de una semana a 28 °C, los frutos presentaron el mismo color, contenido de sólidos solubles, acidez titulable y concentración de ácido ascórbico que los frutos que maduraron en el árbol, y 6,6-8,5 % de pérdida de peso. Los frutos almacenados a 18 °C perdieron menos peso (2,5-3,4 %) pero presentaron un color rojo menos intenso, menor contenido de sólidos solubles, acidez titulable y concentración de ácido ascórbico que los almacenados a 28 °C. Los frutos en estado verde estaban fisiológicamente inmaduros y no completaron su maduración con el tratamiento de etefon. Se podría lograr la maduración parcial de frutos verdes tratados con etefon a través de la prolongación del período de almacenamiento, pero la pérdida de peso que experimentarían sería excesiva. El-Zeftawi *et al.* (13) midió pérdidas de peso de hasta 20 % en frutos verdes almacenados a 20 °C por 14 días.

Almacenamiento

Las condiciones óptimas de almacenamiento para tamarillos son 3,0-4,5 °C y 90-95 % humedad relativa. Por debajo de 3,0 °C los frutos sufren daños por frío (pardeamiento de la piel y presencia de pequeñas depresiones en la superficie del fruto), y a temperaturas mayores que 4,5 °C las pérdidas por podredumbres aumentan marcadamente (15, 18, 21). La utilización de envoltorios de polietileno reduce la pérdida de humedad de la fruta, permitiendo almacenarla por más tiempo. La fruta tratada para controlar podredumbres fúngicas puede ser almacenada satisfactoriamente por 6-10 semanas a la temperatura y humedad relativa

recomendadas, con una vida útil de 7 días a 20 °C a partir del momento en que se retira de almacenamiento (4, 35, 36).

Espina y Lizana (14) mostraron que tamarillos del tipo rojo cosechados en estado rojo y almacenados a 0 y 7 °C por 35 días, mantuvieron los valores iniciales de contenido de sólidos solubles, pH y acidez titulable. La fruta almacenada a 0 °C se mantuvo más firme que la almacenada a 7 °C, pero presentó un marcado pardeamiento del pedicelo que resultó, en algunos frutos, en necrosis del tejido al final del período de almacenamiento. La fruta almacenada a 7 °C presentó al final del almacenamiento infección fúngica en la zona distal del pedicelo. Estos resultados confirman los efectos adversos de almacenar tamarillos fuera del rango de temperaturas recomendado.

Enfermedades de postcosecha

Las podredumbres fúngicas son la principal causa de pérdidas en postcosecha de tamarillos. Los principales microorganismos responsables son *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides*, *Diaporthe phaseolarum*, *Phoma exigua* y *Phomopsis* sp. (4, 17, 18, 36). *Colletotrichum acutatum* y *C. gloeosporioides* son los agentes causantes de la podredumbre amarga (*bitter rot*); infectan la fruta cuando está en el árbol pero no desarrollan hasta que comienza a senecer durante el almacenamiento.

Un baño de 8-10 minutos en agua a 50 °C inmediatamente después de la cosecha controla efectivamente las infecciones latentes, pero causa algo de daño en el pedicelo y en la capa de cera de la cutícula de los frutos, aumentando la pérdida de agua durante el almacenamiento (29, 36). El daño al pedicelo puede resultar en necrosis del tejido, aumentando su susceptibilidad a la invasión de hongos saprófitos (como *Alternaria alternata*) y a la penetración de patógenos por extremo peduncular de la fruta causando podredumbres blandas. La combinación del baño en agua

caliente con un baño de 1 minuto en una solución de imazalil (250 mg principio activo·l⁻¹) a 15-20 °C y la aplicación de cera reduce las infecciones pedunculares y la pérdida de peso durante el almacenamiento, permitiendo conservar la fruta hasta 8 semanas a 3,5 °C seguidas de 7 días a 20 °C.

La aplicación de un baño de 1 minuto en imazalil (750 mg principio activo·l⁻¹) y procloraz (500 mg principio activo·l⁻¹) a 15-20 °C controla completamente las podredumbres del tamarillo durante 6 semanas a 3-5 °C seguidas de una semana a temperatura ambiente sin causar los daños ocasionados por el baño de agua caliente (4, 35). Los niveles de residuos encontrados en la fruta tratada y almacenada por 8 semanas no superaron 2,0 mg·kg⁻¹ y 0,4 mg·kg⁻¹ en la piel y pulpa, respectivamente. Un panel sensorial determinó que el tratamiento no afectó el sabor ni la textura de la fruta. Si bien la aplicación a campo de captafol no es muy efectiva en el control de las podredumbres de postcosecha, la combinación de un programa de aplicaciones a campo con el tratamiento en postcosecha puede extender la conservación de la fruta en dos semanas.

Sutton y Strachan (30) intentaron controlar la podredumbre causada por *Botrytis* utilizando irradiación. Con dosis menores a 1 kGy no obtuvieron resultados favorables, y con dosis mayores, los cambios provocados en la composición y fisiología de la fruta resultaron en un aumento en la susceptibilidad a daño físico y por frío.

Otros factores que afectan la calidad

El tamarillo es resistente al virus del mosaico del tabaco y al virus del mosaico severo del tabaco. Sin embargo, es susceptible al virus del mosaico del pepino, virus del mosaico del arabis, virus del mosaico del tamarillo, *tomato aspermy virus* y virus 'Y' de la papa (1, 8, 31). Las infecciones virósicas, además de reducir el vigor de los árboles

causan un moteado en la piel de los frutos que deteriora su calidad y los hace inaceptables para la exportación.

No existen especies de *Cyphomandra* resistentes al virus más dañino del tamarillo, el virus del mosaico del tamarillo (TaMV), por consiguiente no ha sido posible introducir la resistencia a través de programas de mejoramiento tradicionales. Los nuevos avances en biología molecular hacen posible la transformación genética de plantas para otorgarles resistencia a virus. La estrategia más exitosa hasta el momento comprende la introducción en el genoma de la planta huésped del gen de la cobertura proteica del virus. Eagles *et al.* (12) clonaron y determinaron la secuencia de bases del gen de la cobertura proteica del TaMV, lo que posibilitaría la generación de plantas transgénicas resistentes al virus. Atkinson y Gardner (1) dieron los primeros pasos hacia la generación de plantas resistentes al TaMV desarrollando protocolos para la regeneración de plantas de tamarillo transformadas a través de *Agrobacterium tumefaciens*.

Excepto el virus del mosaico del arabis, todos los virus que infectan las plantas de tamarillo son transmitidos por áfidos. El vector que transmite el virus del mosaico del arabis es el nemátodo de suelo *Xiphinema diversicaudatum*. Los síntomas son más severos cuando las infecciones virósicas ocurren en plantas jóvenes, por ello, una estrategia para evitar una sintomatología grave es mantener el nivel de infección bajo hasta que las plantas están bien establecidas. Para ello es necesario que los viveros estén aislados de plantaciones añosas y mantener controladas las poblaciones de vectores a través de buenos programas de fumigación (15).

Defecto fisiológico

En Haití y Nueva Zelanda algunos tamarillos presentan pequeñas concreciones irregulares, duras y semitransparentes en la

pulpa inmediatamente adyacente a la piel. Este defecto no presenta mayor problema para el consumo fresco de la fruta ya que la zona de la pulpa que lo presenta no suele consumirse; pero es un serio inconveniente y debe removerse para la elaboración de dulces. Las concreciones contienen principalmente silicatos de sodio y calcio, boratos, complejos de aluminio, magnesio y oxígeno, y óxido de magnesio. También se encontraron pequeñas cantidades de estaño, cobre, cromo, hierro y fósforo. La causa que las origina no ha sido aún determinada (22, 23).

Necesidades de investigación

El cultivo del tamarillo constituye una alternativa interesante para zonas subtropicales y templadas libres de heladas ya que tolera temperaturas más bajas que el tomate común, madura hacia el final de la temporada cuando muchas hortalizas comienzan a escasear, es perenne y produce fruta por más de ocho años, y es fácil de propagar y cultivar. No obstante, para que esta especie se expanda como cultivo comercial es necesario mejorar varios aspectos de la producción y postcosecha:

- I. Se debería desarrollar un programa de mejoramiento genético que apunte a mejorar aspectos de la producción y calidad de la fruta.
- II. Los objetivos del mejoramiento en el área de producción deberían incluir el aumento del rendimiento (especialmente a través del aumento en el porcentaje de cuaje), la tolerancia a bajas temperaturas, y la adaptación de la forma y hábito de crecimiento del árbol a la mecanización de la producción. Para mejorar la calidad de la fruta se debería apuntar a aumentar el tamaño y contenido de azúcar y a disminuir la acidez y el número de semillas, como se hizo con el tomate común.
- III. La cruce del tamarillo con especies salvajes de *Cyphomandra* podría ampliar

la base genética para el mejoramiento, pero antes habría que superar algunas barreras que dificultan la cruce interespecífica.

- IV. La causa que origina la presencia de concreciones en la pulpa y la forma de prevenir las deberían ser determinadas.
- V. En el área de postcosecha debería esclarecerse la categoría (climatérico o no climatérico) del tamarillo de acuerdo a su comportamiento fisiológico, y seguir investigando prácticas de manejo que permitan aumentar el período de almacenamiento de la fruta, fomentando de este modo su comercialización por la vía marítima. La utilización de atmósferas controladas no ha recibido atención por parte de los investigadores y podría aportar beneficios en este aspecto.
- VI. La línea de trabajo en biología molecular debería continuar desarrollándose, no sólo como herramienta para la introducción de resistencia a virus sino también para lograr los objetivos propuestos para el programa de mejoramiento genético.

Bibliografía

1. ATKINSON, R.G. & R.C. GARDNER. 1993. Regeneration of transgenic tamarillo plants. *Plant Cell Rep.* 12: 347-351.
2. BIALE, J.B. & R.E. YOUNG. 1981. Respiration and ripening in fruits - retrospect and prospect. *In: Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables.* Academic Press, New York, N.Y. p 1-39 (J. Friend y M.J.C. Rhodes eds.).
3. BILTON, J. 1986. Tamarillo Cookbook. 64 p. (Disponible en Irvine Holt, P.O. Box 28019, Auckland 5, New Zealand).
4. BLANK, R.H.; DANCE, H.M.; HAMPTON, R.E.; OLSON, M.H. & P.T. HOLLAND. 1987. Tamarillo (*Cyphomandra betacea*): effect of field-applied fungicides and post-harvest fungicide dips on storage rots of fruit. *New Zealand J. Exp. Agric.* 15: 191-198.
5. BOHS, L. 1989. Ethnobotany of the genus *Cyphomandra* (Solanaceae). *Econ. Bot.* 43: 143-163.
6. BRÜCHER, H. 1989. Useful Plants of Neotropical Origin. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
7. CACIOPPO, O. 1984. La feijoa (*Feijoa sellowiana*). Reda, Italia.
8. CHAMBERLAIN, E.E. 1948. Virus diseases of tree tomato (*Cyphomandra betacea* Sendt.) 1. Cucumber-mosaic (*Cucumis virus* 1 of Smith, 1937). *New Zealand J. Sci. Tech.* 29: 256-260.
9. CLARK, C.J.; SMITH, G.S. & I.M. GRAVETT. 1989. Seasonal accumulation of mineral nutrients by tamarillo 2. *Fruit. Scientia Hort.* 40: 203-213.
10. DAWES, S.N. & G.J. PRINGLE. 1983. Subtropical fruits from South and Central America. *In: Plant Breeding in New Zealand.* Butterworth of New Zealand (Ltd) in association with D.S.I.R., Wellington, New Zealand (G.S. Wratt y H.C. Smith eds.).
11. DUKE, J.A. & J.L. DUCELLIER. 1993. CRC Handbook of Alternative Cash Crops. CRC Press, Boca Raton, Florida. p 218-219.
12. EAGLES, R.M.; GARDNER, R.C. & R.L.S. FORSTER. 1990. Nucleotide sequence of tamarillo mosaic virus coat protein gene. *Nucleic Acid Res.* 18: 7166.
13. EL-ZEFTAWI, B.M.; BROHIER, L.; DOOLEY, L.; GOUBRAN, F.H.; HOLMES, R. & B. SCOTT. 1988. Some maturity indices for tamarillo and pepino fruits. *J. Hort. Sci.* 63: 163-169.
14. ESPINA, S. y L.A. LIZANA. 1991. Comportamiento de tamarillo (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtner) en almacenaje refrigerado. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 35: 285-290.
15. FLETCHER, W.A. 1975. Growing tamarillos. New Zealand Ministry of Agriculture and Fisheries, Bulletin 307.
16. GRAU, A. 1994. El tomate de las yungas. *Ciencia Hoy* 5: 26-34.
17. HAMPTON, R.E.; BLANK, R.H.; DANCE, H.M. & M.H. OLSON. 1983. Tamarillo storage rot problems. *Proc. 36th New Zealand Weed and Pest Control Conf.*, p 121-124.
18. HARMAN, J.E. & K.J. PATTERSON. 1982. Kiwi-fruit, tamarillos and feijoas. Maturity and storage. *AgLink HPP 103.* Media Services, New Zealand Ministry of Agriculture and Fisheries, Wellington, New Zealand.
19. HEATHERBELL, D.A.; REID, M.S. & R.E. WROLSTAD. 1982. The tamarillo: chemical composition during growth and maturation. *New Zealand J. Sci.* 25: 239-243.
20. HEATHERBELL, D.A.; SURAWSKI, J.R. & M. WITHY. 1975. Identification and quantitative analysis of sugars and non-volatile acids in tamarillo fruit (*Cyphomandra betacea*). *Confructa* 20: 17-22.
21. LALLU, N.; SEARLE, A.N.; HOGG, M.G. & N.

- MCCALL. 1985. Tamarillo maturity and storage. Report of New Zealand Postharvest Research. Department of Scientific and Industrial Research, Auckland, New Zealand.
22. MORTON, J. F. 1982. The tree tomato, or "Tamarillo", a fast-growing, early-fruiting small tree for subtropical climates. Proc. Fla. State Hort. Soc. 95: 81-85.
 23. NATIONAL Research Council. 1989. Lost Crops of the Incas: Little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press, Washington DC.
 24. PRATT, H.K. & M.S. REID. 1976. The tamarillo: fruit growth and maturation, ripening, respiration, and the role of ethylene. J. Sci. Fd Agric. 27: 399-404.
 25. PROHENS, J.; RUIZ, J.J. & F. NUEZ, F. 1996. Advancing the tamarillo harvest by induced postharvest ripening. HortScience 31: 109-111.
 26. RODRÍGUEZ-AMAYA, D.B.; BOBBIO, P.A. & F.O. BOBBIO. 1983. Carotenoid composition and vitamin A value of the Brazilian fruit *Cyphomandra betacea*. Food Chem. 12: 61-65.
 27. ROMERO-RODRÍGUEZ, M.A.; VAZQUEZ-ODERIZ, M.L.; LOPEZ-HERNANDEZ, J. & J. SIMAL-LOZANO. 1994. Composition of babaco, feijoa, passion-fruit and tamarillo produced in Galicia (NW Spain). Food Chem. 49: 251-255.
 28. ROTUNDO, A.; ROTUNDO, S. & S. GHERARDI. 1983. Il tamarillo. Frutticoltura XLV: 37-40.
 29. STRACHAN, G. 1970. Tamarillo storage and processing. Food Tech. New Zealand 5: 304-305.
 30. SUTTON, H.C. & G. STRACHAN. 1971. An attempt to control *Botrytis* rot in tamarillos (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt.) by electron irradiation. New Zealand J. Sci. 14: 1097-1106.
 31. THOMAS, W. & C.H. PROCTER. 1972. Arabis mosaic virus in *Cyphomandra betacea* Sendt. New Zealand J. Agric. Res. 15: 395-404.
 32. TUCKER, G.A. 1993. Introduction. In: Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman and Hall, New York, N.Y. p 1-51 (G.B. Seymour; J.E. Taylor y G.A. Tucker eds.).
 33. VISSER, F.R. & J.K. BURROWS. 1983. Composition of New Zealand foods. I. Characteristic fruits and vegetables. New Zealand Department of Science and Industrial Research, Bulletin 235.
 34. WROLSTAD, R.E. & D.A. HEATHERBELL. 1974. Identification of anthocyanins and distribution of flavonoids in tamarillo fruit (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt.). J. Sci. Fd Agric. 25: 1221-1228.
 35. YEARSLEY, C.W.; HUANG, B.Y.; MCGRATH, H.J.W.; FRY, J.; STEC, M.G.H. & J.R. DALE. 1988. Red tamarillos (*Cyphomandra betacea*): comparison of two postharvest dipping strategies for the control of fungal storage disorders. New Zealand J. Exp. Agric. 16: 359-366.
 36. YEARSLEY, C.W.; MCGRATH, H.J.W.; TAUCHER, J.A. & J.R. DALE. 1987. Red tamarillos (*Cyphomandra betacea*): postharvest control of fungal decay with hot water and imazalil dips. New Zealand J. Exp. Agric. 15: 223-228.