

INFORMACIÓN TÉCNICA

ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS DE CHAYOTE (*Sechium edule* Jacq. SW)

Jaime Brenes Madriz,¹ Silvana Alvarenga Venutolo,¹ Ana Abdelnour Esquivel¹

RESUMEN

Enraizamiento de estacas de chayote (*Sechium edule* Jacq. SW). El chayote para exportación se siembra principalmente en el valle de Ujarrás, en los cantones de Paraíso y Alvarado de Cartago; localidades que presentan una serie de características de suelo, clima y temperatura que favorecen su siembra. Sin embargo, uno de los principales problemas que enfrentan los productores está relacionado con el material que utilizan para la siembra, tradicionalmente el fruto o la semilla que por su naturaleza no permite la obtención de una producción morfológicamente homogénea de frutos; lo que resulta en rechazo de fruta exportable que puede alcanzar hasta el 50% de la producción. La incorporación de material de siembra propagado vegetativamente aseguraría a los productores de chayote aumentos en la uniformidad de frutos y por ende, mayores réditos por sus cosechas. En este trabajo se presenta una guía para el enraizamiento de estacas de chayote, que los productores podrían incorporar fácilmente a su actividad productiva.

Palabras clave: propagación vegetativa, semilla, fruto, cucurbitácea.

INTRODUCCIÓN

El chayote (*Sechium edule*) es una cucurbitácea originaria de Mesoamérica, que se cultiva en zonas tropicales y subtropicales. Antiguos documentos señalan el uso del chayote por grupos de aborígenes aztecas en el periodo precolombino (Newstrom 1990). Se utiliza principalmente como alimento humano, también como forraje para la alimentación de ganado. Los frutos, hojas tiernas y raíces tuberosas son consumidos como verdura, sin embargo; el consumo del fruto como vegetal de mesa es el más difundido. A las infusiones de hojas y cocimiento del rizoma se les atribuyen propiedades medicinales como diuréticos y para el control de la hipertensión y la arterioesclerosis. Los tallos duros y fibrosos no se consumen, pero se utilizan para la elaboración artesanal de cestas y sombreros (Newstrom 1990 y Sosa 1997).

La producción en Costa Rica alcanza cerca de 40 000 t/año, de las cuales el 20% se utiliza para consumo nacional y el 80% se exporta a países como Estados Unidos (principal consumidor, 85%), Canadá, Holanda, Reino Unido, Puerto Rico, Francia, Nicaragua, Italia, Honduras, entre otros. De acuerdo con estadísticas de PROCOMER (2011), el chayote representó el 13,3% de los productos agrícolas exportados. A partir del año 1972, cuando se realizó la primera exportación, se incentivó la producción de chayote para exportación y el área sembrada se incrementó considerablemente. Actualmente Costa Rica se ha consolidado como el principal exportador de chayote del mundo.

A pesar de que existe gran variabilidad de fenotipos de chayotes, entre los cuales podemos citar el quelite de exportación, los cocoros (blanco y negro), los criollos sazones grandes (blancos y negros), y un material criollo alargado con espinas poco cultivado por

¹ Centro de Investigación en Biotecnología, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. jabrenes@itcr.ac.cr, salvarenga@itcr.ac.cr, aabdelnour@itcr.ac.cr

su forma y textura. El material más cultivado en nuestro país es una selección realizada por los agricultores llamada “quelite”, que reúne las características deseadas para exportación, como forma, color, tamaño y peso del fruto. Esta variedad se exporta a los Estados Unidos en un 92% (Los Ángeles, New York, Chicago y Miami (28 798,2 toneladas exportadas en el 2010), desde donde se reexporta a Canadá), a la Unión Europea un 7% y el 1% restante a otros países (Bolaños 1998 y PROCOMER 2011). Existen otros materiales de chayote promisorios para el mercado de exportación como el criollo blanco y el cocoro blanco, estos materiales ya se han enviado a Estados Unidos para observar la aceptación en el mercado.

El chayote para exportación se siembra principalmente en el valle de Ujarrás, en los cantones de Paraíso y Alvarado de Cartago, este valle tiene una serie de características como suelos sueltos, profundos, ricos en materia orgánica, condiciones de temperatura y disponibilidad de agua, que permiten el buen desarrollo de las plantaciones y los frutos. Se recomienda una altura promedio entre los 1000 y 1200 msnm, temperaturas entre 13 °C y 21 °C, temperaturas inferiores a 13 °C dañan los frutos pequeños y temperaturas mayores a 28 °C promueven la caída de flores y frutos pequeños. La precipitación óptima para el cultivar quelite está entre los 1500 y 2000 milímetros distribuidos en el transcurso del año. Es un cultivo muy susceptible a la falta de agua por la gran área foliar que presenta la planta (Bolaños 1998, Lira 1996 y COOPESANPAR 2000).

El cultivo de chayote tiene gran impacto socioeconómico en la zona de Ujarrás, ya que brinda empleo fijo a cerca de 700 personas y trabajo temporal a 3200 personas, este trabajo temporal se utiliza para prácticas agrícolas como deshoja y cosecha, lo que redundaría en mejor calidad de vida para esta población (Abdelnour *et al.* 2002).

A pesar de que Costa Rica mantiene el liderazgo mundial en exportación de chayote, en las plantas empacadoras se producen altos

porcentajes de rechazo de fruta, debido a que el mercado internacional es muy exigente en cuanto a la uniformidad del producto (forma, color, tamaño y textura de la epidermis de los frutos). El material de siembra, tradicionalmente la semilla, por su naturaleza no asegura la obtención de una producción de frutos morfológicamente homogénea. Esta limitante en la producción de chayote para exportación ha despertado el interés e impulsado la investigación y el desarrollo de métodos de propagación vegetativa en esta especie.

El presente trabajo consistió en una revisión de las técnicas tradicionalmente utilizadas por los productores de chayote y las desarrolladas por los investigadores del Centro de Investigación en Biotecnología, autores de este artículo, para lograr la propagación vegetativa y la multiplicación clonal de materiales de interés.

MATERIALES DE SIEMBRA PARA LA PROPAGACIÓN DE CHAYOTE

Frutos y semillas

Para el establecimiento de plantaciones se utilizan chayotes sazones brotados. Esto se logra colocando los frutos seleccionados de una planta de buena calidad (alta producción, forma, resistencia a enfermedades, color, textura y peso), en lugares oscuros y húmedos, se envuelven en papel periódico para adelantar la brotación, una vez que los frutos germinan son colocados bajo un sombreador (sarán 70%), para que el brote se desarrolle, después son llevados al campo. La forma más común de siembra es plantar dos o más frutos por hoyo en el sitio definitivo de siembra. También se ha utilizado la siembra de la semilla en macetas, y una vez desarrollado el brote apical, las plántulas se trasplantan al campo (Lira 1996). Este tipo de propagación es económica y puede considerarse eficiente cuando se evalúa con base en la facilidad de manipulación del material de siembra y el porcentaje de plantas obtenidas. Sin embargo, aunque se seleccionen los mejores frutos de

chayotes como semilla, esto no garantiza que se van a obtener plantaciones que produzcan frutos homogéneos, debido a que esta especie es de polinización cruzada, mediada por abejas del género *Trigona*, y por ende, se presenta alta variabilidad en la cosecha, lo que descarta la posibilidad de incorporar al mercado internacional la notable variabilidad

de frutos que se producen (Lira 1996). Para los agricultores esto se traduce en pérdidas por rechazo en las plantas empacadoras y puede oscilar entre un 10% a un 20%. Si a este porcentaje se suma el porcentaje de frutos desechados en el campo durante la cosecha, este valor puede ser superior al 50% (Abdelnour 2002 y Alvarado 2006)².



Figura 1. Propagación sexual de chayote a partir de semilla y fruto. Cartago, CR. 2010.

Propagación vegetativa

Las plantas tienen gran diversidad de formas para multiplicarse vegetativa o asexualmente (sin mezcla de caracteres genéticos) y con base en observaciones cuidadosas, los productores y científicos han desarrollado técnicas como la propagación por hijuelos, estacas, acodos e injertos, es decir, la propagación vegetativa se efectúa con partes de una planta provista de yemas y con capacidad de enraizamiento para originar nuevos individuos. A diferencia

de las propagadas por semilla, las plantas propagadas vegetativamente se caracterizan porque su descendencia es genéticamente idéntica, son clones (George 2008).

La reproducción por estacas, consiste en provocar enraizamiento de un trozo de tallo, raíz u hoja separado de la planta madre, ya que la estaca es una porción de la planta susceptible de adquirir autonomía fisiológica. Los primordios de raíces adventicias se inician con la división de células parenquimáticas (células del callo

² (CAC) Centro Agrícola Cantonal de Paraíso. 2006. Pérdidas por rechazo. (entrevista) Cartago, CR. Comunicación personal.

u otras células parenquimáticas), en forma similar a las divisiones de las raíces laterales en el periciclo de raíces jóvenes, anterior a la emergencia radical a partir del tallo o la raíz, éstas se diferencian en: meristema apical, cofia, células iniciales del cilindro vascular y corteza (Flores-Vindas 1999). Cuando los elementos vasculares de la raíz adventicia se diferencian, las células del callo y otras células de parénquima localizadas en el extremo proximal del primordio se diferencian en elementos vasculares y proveen una conexión con los elementos correspondientes del órgano iniciado (Sitte *et al.* 1997). En la literatura, generalmente se separan los factores que afectan el enraizamiento, en factores externos y factores internos, sin embargo, se sabe que existe una interacción constante de dichos factores, un ejemplo es el efecto de la luz sobre la producción de biomasa, por medio de la fotosíntesis y la proporción de carbohidratos/auxina en la iniciación de la formación de raíces (Sinha 2004).

La mayoría de las especies se pueden reproducir por estacas, por lo tanto, es un sistema muy utilizado debido a que la propagación se da en forma rápida y económica; ha sido empleado ampliamente en la propagación de frutales, leñosas y ornamentales en general (Castrillón *et al.* 2008, Sinha 2004).

En chayote, la propagación vegetativa puede solventar los problemas de multiplicación de materiales de siembra, de manera que puedan producirse clones de los materiales seleccionados y con esto, mayor uniformidad en la producción. Tanto el enraizamiento de tallos o quelites, como la micropropagación de brotes y meristemas son técnicas que se han experimentado en chayote. Sin embargo, los agricultores no han adoptado estas técnicas de manera rutinaria, debido posiblemente a que se requiere una inversión adicional en infraestructura y personal capacitado en las técnicas, aunque en años recientes se han interesado en capacitarse y experimentar con ellas. Investigadores del Centro de investigación en Biotecnología (CIB), del Instituto Tecnológico de Costa

Rica, han publicado los protocolos para la micropropagación a partir de brotes y meristemas (Abdelnour *et al.* 2002, Abdelnour-Esquivel *et al.* 2006, Alvarenga *et al.* 1999, Alvarenga y Morera 1992), literatura fácilmente accesible para laboratorios comerciales de cultivo de tejidos. El protocolo recomendado inicia tomando brotes apicales de la planta de interés; al llevarlos al laboratorio de cultivo de tejidos se lavan con detergente y abundante agua corriente y se desinfectan. Se enjuagan tres veces con agua destilada estéril en condiciones de cámara de transferencia de flujo laminar.

Los brotes se cultivan en el medio de cultivo descrito por Murashige y Skoog (1962) con benciladenina (BA) para inducir la brotación de yemas. Durante la etapa de multiplicación, las plántulas producidas se cortan en los entrenudos para subcultivar cada explante, que consiste del brote apical o de segmentos con un nudo. Para la etapa de enraizamiento se recomienda el cultivo de los brotes en el medio de cultivo enriquecido con Ácido Indolbutírico (AIB) (Abdelnour *et al.* 2002).

En el marco del proyecto desarrollado en conjunto con los productores de la Federación de Chayoteros de la Región Oriental, investigadores del CIB y de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, se capacitó a miembros de la federación en la técnica de micropropagación de chayote, con el fin de que en una eventual apertura de un laboratorio propio, tuvieran el personal ya capacitado (Alvarenga *et al.* 2007).

El presente trabajo presenta un procedimiento obtenido después de varios años de experimentación en el enraizamiento de tallos o quelites de chayote, de manera que pueda servir de guía a los productores que no puedan acceder a las facilidades de un laboratorio de cultivo de tejidos.

El enraizamiento de estacas de tallos o quelites es otra técnica usada para solventar el problema de variación en los frutos producidos en las plantaciones de chayote, sobre todo, para el

chayote de exportación. Permite al agricultor seleccionar plantas con alto valor agronómico, que por medio del enraizamiento mantendrán sus características de productividad. Esta metodología fue usada en los años 80, pero se dejó de utilizar por razones de poca divulgación entre los agricultores, obligando a los productores a la utilización de semilla tradicional. El enraizamiento de estacas de quelites le permite al agricultor propagar plantas que según sus observaciones de campo son ideales para ser utilizadas como plantas madre (Brenes 2006 y Abdelnour 2003).

El procedimiento para la obtención de plantas a partir del enraizamiento de (tallos o quelites) es el siguiente:

Las plantas madres a utilizar deben cumplir las siguientes características:

- Plantas sanas y vigorosas
- Que produzca frutos lo más homogéneos posible en forma, tamaño, color, sin estrías y sin espinas
- Preferiblemente plantas con producción de frutos en dobles
- Cosechar las estacas una vez que la planta a comenzado a fructificar

Se recomienda cosechar estacas de plantas de una edad de tres meses aproximadamente, ya que esto permite ver la forma y otras características del fruto. En este momento se deben podar las guías, de manera que se eliminen los brotes terminales para que emerjan los brotes secundarios que son los que se utilizarán como material a enraizar.

Con respecto a la estaca que se va a enraizar esta debe presentar las siguientes características:

- Los quelites deben presentar vigorosidad y alta sanidad

- Deben medir no menos de 20 cm ni más de 45 cm
- Deben poseer al menos tres entrenudos cortos
- Se recomienda cortar el 50% de las hojas del nudo más cercano al sustrato, para garantizar un enraizamiento efectivo y evitar que el crecimiento de estas hojas no permita el amarre de las raíces al sustrato.
- El corte debe asegurar que la base del quelite no abarque más del 40% del tallo que lo sostiene, de manera que aún cuando se corta el tallo principal, éste no se dañe y siga suministrando agua y nutrientes al resto de la planta.

Una vez seleccionadas las plantas madre, se cortan los quelites con hojas de navajilla nuevas, para que el corte sea lo más fino y el daño a la planta donadora sea el menor posible. Se debe cambiar de navajilla al pasar de una planta donadora a otra, para evitar la transmisión de enfermedades sistémicas (Figura 2)

Las estacas se cortan en las primeras horas del día (6 am a 8 am) para que las plantas estén turgentes. Las estacas se envuelven en papel toalla o periódico húmedo, para evitar la deshidratación durante su traslado al invernadero. El corte realizado en la planta madre se sella con una solución desinfectante a base de Carboxín + captán para evitar la entrada de patógenos al tejido.



Figura 2. Etapas de la selección de plantas madre y corte de estacas a enraizar.
Cartago, CR. 2010.

Las estacas se llevan al invernadero, en donde previamente se han llenado bolsas con un sustrato compuesto de tierra y granza (3:1). Es recomendable que el sustrato sea desinfectado previo a la siembra. La desinfección puede realizarse con vapor de agua o simplemente con la solución desinfectante agregada y mezclada con el sustrato.

Las estacas se colocan en una solución enraizadora llamada ANASIL (elaborada por el Centro de Investigaciones en Biotecnología, del Instituto Tecnológico de Costa Rica), desarrollada especialmente para el enraizamiento de estacas de chayote y que contiene auxinas como parte importante de sus componentes. En esta solución las estacas se sumergen unos cinco centímetros, durante 30 segundos, para evitar que el callo formador de raíces sea muy grande. Las estacas se siembran en bolsas plásticas (de aproximadamente 1 kg) y se mantienen en el invernadero por un periodo de 22 días. Se debe brindar un riego nebulizado, con periodos cortos pero continuos. La frecuencia y la duración del riego dependerá de las condiciones climáticas que se presenten en los días de crecimiento de las raíces. En días soleados y calurosos se recomienda activar el nebulizador cada 10 min durante 20 segundos (Figuras 2 y 3).

Conforme pasan los días, en la base de las estacas se comienza a formar un callo de color café, este callo dará inicio a la formación de los primordios radicales, que comenzarán a ser visibles a partir de los 10 días, conforme pasa el tiempo las raíces crecerán fuertes y de un color blanco. Al cabo de 22 días, las plantas enraizadas serán llevadas fuera del invernadero y colocadas bajo un sombreador (sarán), para que completen el proceso de aclimatación. Después de siete días se llevan al campo para su siembra definitiva (Figura 4).

Con esta metodología de enraizamiento de estacas (quelites) de chayote, se ha obtenido un 99% de éxito en la producción de nuevas plantas en experimentos repetidos (Alvarenga *et al.* 2007). Por lo anterior, se recomienda como guía práctica para la producción de clones de chayote en la misma finca de los agricultores, donde solo requerirán un pequeño invernadero y riego para la producción del material de siembra que les asegure la uniformidad en la producción que les exige el mercado internacional.

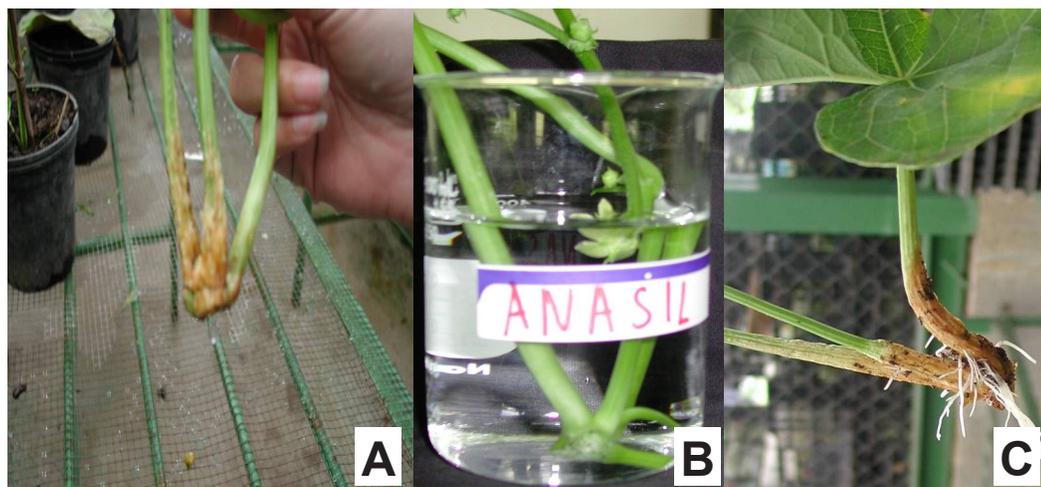


Figura 3. A) Estaca de chayote del cultivar quelite.
B) Estaca en la solución enraizadora.
C) Estaca con sistema radical bien desarrollado. Cartago, CR. 2010.



Figura 4. Plantas de chayote en diferentes estadios de crecimiento en invernadero y campo. Cartago, CR. 2010.

Este trabajo pretende ser una guía fácil para la producción asexual de material de siembra de chayote, que garantizará la obtención de una producción uniforme de frutos y por ende, un mayor volumen de exportación y utilidades que permitirán elevar la calidad de vida de los agricultores. Si el productor sigue las recomendaciones presentadas en este documento logrará la obtención del material de siembra exportable de su interés.

LITERATURA CITADA

- Abdelnour, A. 2002. Micropropagación, crioconservación y caracterización genética de chayote (*Sechium edule*). Tesis para optar por el grado de Doctor en Sistemas de producción Agrícola Tropical Sostenible. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. San José, CR. 107p.
- Abdelnour-Esquivel, A.; Bermúdez, L.C.; Alvarenga, S.; Rivera, C. 2006. Cultivo de meristemas, termo y quimioterapia en chayote (*Sechium edule Jacq.Sw*) para la erradicación del virus del mosaico del chayote (ChMV). Manejo integrado de Plagas y Agroecología 77:17-23.
- Abdelnour, A.; Ramírez, C.; Engelmann, F. 2003. Micropropagación de chayote (*Sechium edule*) a partir de brotes vegetativos. Agricultura Mesoamericana 13: 147-152.
- Alvarenga, S.; Abdelnour, A.; Brenes, J.; Gatica, A.; Brenes, A.; Chaves, S.; Madriz, J.; Murrel, M.; 2007. Implementación de un estudio para identificar y obtener semillas de chayote que responden a las nuevas exigencias del mercado. Informe Final. ITCR-UNA-MICIT-CONICIT.
- Alvarenga, S.; Flores, D.; Abdelnour-Esquivel, A. 1999. Micropropagación de fenotipos seleccionados de chayote (*Sechium edule*). Tecnología en Marcha. 13: 9-15.

- Alvarenga, S.; Morera, J. 1992. Micropropagación in vitro del chayote. *Tecnología en Marcha*. 11: 31-42.
- Brenes, J. 2006. Enraizamiento de estacas de chayote. Taller de capacitación para agricultores de la Federación de Centros Agrícolas Cantonales del Valle Central Oriental. Ujarrás, Cartago, CR. 9p.
- Bolaños, A. Introducción a la olericultura. 1998. Editorial EUNED. San José, CR. pp. 172-175.
- Castrillón, J.C., Carvajal, E.; Ligarreto, G.; Magnitskiy, S. 2008. El efecto de las auxinas en las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. *Agronomía Colombiana* 26(1):16-22.
- COOPESANPAR (Cooperativa de Productores de Chayote de Santiago de Paraíso R.L.). 2000. Desarrollo Agroindustrial del Chayote. Santiago de Paraíso, Cartago, Costa Rica. 28p.
- Flores-Vindas, E. 1999. La Planta: estructura y función. Vol.II. Libro Universitario Regional (LUR). Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Pp. 371-389.
- GEORGE, E.; Hall, M.A.; De Klerk, G. 2008. Plant Propagation by Tissue Culture. Vol. 1. 3 ed. Springer. Pp. 2-3.
- Lira, R. 1996. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Chayote (*Sechium edule* Jacq.) SW. IPGRI. Roma, I. 58p.
- Newstrom, L.E. 1991. Evidence for the origin of chayote, *Sechium edule* (Cucurbitaceae). *Economic Botany*. 45(3):410-428.
- Newstrom, L.E. 1990. Origin and Evolution of Chayote. In: Bates, D.; Robinson, R. and Charles, J. (eds.). *Biology and Utilization of Cucurbitaceae*. Cornell University Press. pp. 141-149.
- PROCOMER (Promotora de comercio exterior de Costa Rica). 2011. Análisis de estadísticas de exportación de Costa Rica. Libro 2011. Costa Rica. (en línea). Consultado 25 may. 2010. Disponible en http://www.procomer.com/estadisticas/web_libro_estadistica2011_v2-we.
- Sinha, R., K. 2004. *Modern Plant Physiology*. Alpha Science International Ltd. Patna, India. p:460-512.
- Sitte, P.; Ziegler, H.; Ehrendorfer, F.; Bresinsky, A. 1997. *Strasburger Tratado de Botánica*. 8 ed. Castellana. Ediciones Omega, Barcelona, España. pp. 231-239.
- Sosa, R. 1997. El poder medicinal de las plantas. Asociación Publicadora Interamericana. Miami, Florida, EEUU. p.123.

