

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Centro de Investigación en Biotecnología

**Guía para la producción**

**Semilla clonal de chayote (*Sechium edule* Jacq. SW.)**



Ana Abdelnour Esquivel, PhD.  
Jaime Brenes Madriz, MAP.  
Silvana Alvarenga Venutolo, MSC.

## **Guía técnica para la producción Semilla clonal de chayote (*Sechium edule* Jacq. SW.)**

### **INTRODUCCIÓN**

El chayote (*Sechium edule*) (Cucurbitaceae), es una planta herbácea, monoica y trepadora que constituye uno de los principales alimentos en México, América Central y Sur América Tropical. Los frutos, hojas tiernas y raíces tuberosas se consumen como verdura, aunque el consumo del fruto es el más difundido. También se emplean en la industria para la elaboración de alimentos infantiles, jugos, salsas y pastas y como forraje para la alimentación del ganado. Se le atribuye propiedades medicinales para disolver cálculos renales y como auxiliar en el tratamiento de hipertensión, arterioesclerosis y la retención de orina. Debido al hábito de crecimiento y su siembra en barbacoa, en algunos países se ha incluido plantas de chayote en plantaciones mixtas para la recuperación y la conservación de suelos (COOPESAMPAR 2000, Sosa 1997, Ashmore 1997).

El chayote es una fuente importante de divisas para Costa Rica, Guatemala, México y República Dominicana, entre los que Costa Rica mantiene el liderazgo mundial en las exportaciones (Lira 1996, CIMPE 2015).

Entre los factores más limitantes en la producción de chayote se encuentra el material de siembra, tradicionalmente la semilla. Este tipo de propagación, aunque facilita la manipulación del material de siembra, no permite obtener la calidad deseada en la producción; el mercado internacional exige una producción morfológicamente homogénea, que descarta la posibilidad de incorporar al mercado la notable variabilidad de frutos producida en los sistemas tradicionales de cultivo. De acuerdo con productores de chayote de la zona de Ujarrás, provincia de Cartago, Costa Rica, en algunos casos el rechazo de frutos puede alcanzar porcentajes mayores al 50% (Alvarado 2006).

El Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) ha trabajado con los productores de chayote de la provincia de Cartago, principalmente de las Zonas de Cervantes, Paraíso y Ujarrás desde hace más de 20 años, a través de proyectos conjuntos y capacitaciones. Proyectos de rescate y conservación de germoplasma, micropropagación de fenotipos seleccionados, cultivo de meristemas para la erradicación de virus, crioconservación, caracterización genética de la colección de campo, producción de clones seleccionados, entre otros. En la actualidad el Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) del Instituto Tecnológico de Costa Rica cuenta con las metodologías para la propagación vegetativa de chayote a partir del enraizamiento de estacas (Brenes *et al.* 2010), así como para la propagación masiva *in vitro* o micropropagación a partir de brotes (Alvarenga *et al.* 2006; Abdelnour *et al.* 2002). Por otra parte, la técnica de cultivo de meristemas fue ejecutada exitosamente en chayote para la erradicación del Virus del Mosaico del Chayote (Abdelnour *et al.*, 2006). Todas estas tecnologías permitirán respaldar las acciones a seguir para obtener semilla certificada de chayote, bajo la supervisión de la Oficina Nacional de Semillas, llamada por Ley a apoyar al sector productivo en cuanto a sus necesidades de abastecimiento de semillas de calidad.

Esta guía presenta las experiencias desarrolladas en el Centro de Investigación en Biotecnología del Instituto Tecnológico de Costa Rica en el tema de producción de material de siembra clonal y sano de chayote y las acciones de seguimiento una vez que las plantas salen del laboratorio e invernadero.

## **La micropropagación para la multiplicación clonal masiva de materiales de siembra**

La micropropagación permite la multiplicación clonal masiva y rápida de plantas. Por lo general, el proceso se inicia con el establecimiento de brotes, nudos, trozos de hoja o raíz y en algunos casos de embriones cigóticos (explantes) en condiciones asépticas de cultivo (Mroginski *et al.* 2010). Debido a la desinfección superficial de los explantes durante el proceso de establecimiento *in vitro* y al cultivo bajo condiciones asépticas en envases cerrados, se obtienen plantas libres de contaminantes externos que pueden causar enfermedades, como bacterias, hongos, nematodos e insectos, pero no asegura que las plantas se encuentren libres de agentes sistémicos como los virus, que también causan pérdida de calidad y reducciones significativas en el rendimiento de los cultivos (George *et al.* 2008).

Sin embargo, entre las técnicas del cultivo de tejidos vegetales se encuentra el cultivo de meristemas, que se utiliza en muchas especies vegetales para la erradicación de virus (Conci 2010). Esta técnica consiste en utilizar como material inicial para la micropropagación el domo meristemático y el par de primordios foliares (0,2 a 0,5 mm) que lo acompañan. Existe mayor posibilidad de éxito en la erradicación de virus si se cultiva solamente el domo apical, pero la probabilidad de que sobreviva sin los primordios es menor, por lo tanto, la composición del medio de cultivo es crítica para su desarrollo. En general se dice que el cultivo de meristemas apicales con dos o más pares de primordios foliares no requiere de sustancias de crecimiento exógenas, pero si no incluye los primordios foliares, el abastecimiento de reguladores de crecimiento es indispensable (Malauri *et al.* 1998). Para el saneamiento y la erradicación de virus en cultivos agrícolas existen otros métodos como la termo y la quimioterapia que se utilizan solos o en combinación con el cultivo de meristemas. La termoterapia se utiliza rutinariamente en cebolla, ajo, puerro y otras liliáceas comerciales fresa yuca ñame (Cieslinska 2002, Conci y Nome 1991, Converse y Tanne 1984, CIAT 1982, Malaurie *et al.* 1998), y en otras especies de importancia económica como la papa y el camote (Golmirzaie *et al.* 1994). Por otra parte, la mayoría de las sustancias quimioterapéuticas usadas en plantas han resultado fitotóxicas, por lo que solamente se pueden emplear dosis no tóxicas para reducir la tasa de multiplicación del virus y aumentar la efectividad de otras técnicas como el cultivo de meristemas (CIAT 1982). El nucleósido sintético de nombre comercial Virazol (ribavirina (1- $\beta$ -D-ribofuranosyl-1, 2, 4-triazole-3-carboxamide), de amplia acción antiviral, resultó efectivo para eliminar o disminuir la síntesis de los virus X, Y, S y M en meristemas aislados de vitroplantas de papa (Cassels y Long 1982) y del virus X de la papa en tabaco (Shepard 1977).

## **La propagación clonal de chayote**

Contar con una metodología para la propagación vegetativa de chayote permite la producción de clones de materiales seleccionados y con esto el incremento en la uniformidad y en la aceptación del fruto en las plantas empacadoras. Tanto el enraizamiento quelites, como la micropropagación de brotes y meristemas son técnicas que se han experimentado en chayote.

La micropropagación o propagación clonal *in vitro* es una de las técnicas del cultivo de tejidos vegetales que tiene gran potencial para solventar esta limitante en la producción de chayote. La técnica consiste en cultivar pequeños esquejes como puntas de tallos y yemas laterales bajo condiciones asépticas, para multiplicar masivamente el material de interés y obtener plantas fenotípica y genotípicamente idénticas a la planta de origen (Ashmore 1997). Alvarenga y Morera (1992) experimentaron la micropropagación de chayote utilizando el embrión sexual como material inicial, sin embargo, una vez en el campo, las plantas producidas mostraron variabilidad en crecimiento, forma del fruto y presencia de espinas propia de la propagación por semilla, lo que motivó la experimentación utilizando brotes vegetativos como material inicial para iniciar la micropropagación (Abdelnour *et al.* 2002; Alvarenga *et al.* 2006; Alvarenga *et al.* 1999).

La reproducción por estacas o quelites enraizados es también una técnica muy segura de producir semilla clonal de chayote, manteniendo las características de producción y homogeneidad de los frutos. La reproducción por estacas, consiste en provocar enraizamiento de un trozo de tallo separado de la planta madre que es susceptible de adquirir autonomía fisiológica. Comparando ambas técnicas de reproducción vegetativa, la micropropagación presenta la ventaja de permitir la multiplicación masiva del material seleccionado, mientras que en el enraizamiento de quelites, una estaca enraizada produce únicamente una planta.

## **El procedimiento para la micropropagación de chayote**

### **Recolecta del material en la finca**

Para iniciar el procedimiento de micropropagación se deberán recolectar brotes vegetativos de plantas seleccionadas por sus características sobresalientes para la producción. Los brotes serán llevados a un laboratorio de cultivo de tejidos envueltos en papel toalla húmedo para mantenerlos hidratados y poder iniciar el procedimiento de desinfección y establecimiento *in vitro* (figura 1).



Figura 1. Brotes de chayote (*Sechium edule*) recolectados en la finca y trasladados al laboratorio envueltos en papel toalla húmedo.

### **Desinfección y establecimiento *in vitro***

Para la desinfección, los brotes se lavan con agua y detergente líquido (tipo Bactex®) agitando suavemente durante 10 a 15 min y se enjuagan con abundante agua. Luego, los brotes se transfieren a un Erlenmeyer para ser incubados en la solución desinfectante, que consiste en hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  al 4% *i.a.* por seis minutos (figura 2). Pasado este periodo, se enjuagan tres veces con agua destilada estéril, bajo condiciones asépticas, en la cámara de transferencia de flujo laminar. Si el tiempo ha estado lluvioso los días anteriores a la recolecta de los brotes en el campo, se puede aumentar la concentración del desinfectante al 4.5% *i.a.* o aumentar el tiempo de incubación a 7 minutos.

Se procede a reducir los brotes eliminando las hojas más externas, de manera que se establece *in vitro* el meristema incluyendo dos o tres pares de hojas, por frasco de cultivo.



Figura 2. Brotes de chayote (*Sechium edule*) en solución desinfectante.

### Medio de cultivo

El medio de cultivo para el establecimiento *in vitro*, la multiplicación y el enraizamiento de chayote es similar. Se utilizan las sales minerales descritas por Murashige y Skoog (MS) (1962), con 30 gL<sup>-1</sup> de sacarosa (MS simple) y 2,3 gL<sup>-1</sup> de Phytigel. El pH se ajusta a 5,8 antes del autoclavado. Se dispensa un volumen de 20 ml en cada frasco de cultivo (frascos grandes de la marca comercial Gerber® o similar). Si se desea acelerar el enraizamiento, el medio de cultivo para esta etapa puede ser enriquecido con 0,2 mg/l de ácido indolbutírico (AIB); sin embargo, en la gran mayoría de los casos los brotes de chayote creciendo *in vitro* enraízan en el medio de cultivo simple utilizado durante todo el proceso de micropropagación.

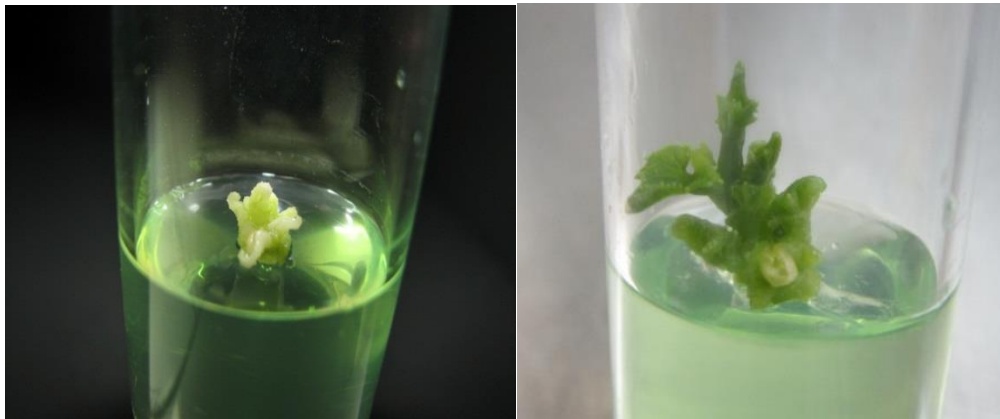


Figura 3. Brote de chayote (*Sechium edule*) establecido y desarrollándose en condiciones *in vitro*.

### Multiplicación

Durante esta etapa de la micropropagación se utilizan las plántulas obtenidas durante la etapa de establecimiento *in vitro*. Las plántulas que alcanzan de 6 a 8 cm se seccionan en los entrenudos, de manera que cada explante consistirá de un nudo con una yema (figura 4). Los explantes deben ser cultivados en el mismo medio de cultivo (MS simple).



Figura 4. Multiplicación *in vitro* de chayote (*Sechium edule*). Nótese los cortes en los entrenudos para cultivar microestacas de un nudo y desarrollar plántulas.

### Enraizamiento

Para el enraizamiento, los brotes desarrollados obtenidos durante la multiplicación son de nuevo seccionados de manera que el brote apical con uno o dos nudos se siembran en medio fresco y se cultivan por un periodo de 4 a 5 semanas para que alcancen una altura de aproximadamente 5 a 8 cm, que es el desarrollo recomendable para iniciar el proceso de aclimatación en invernadero.

Recordar que el explante a enraizar (brote apical con uno o dos nudos) puede ser cultivado en el medio de cultivo básico enriquecido con 0,2 mg/l de ácido indolbutírico para promover el enraizamiento de materiales lentos o difíciles de enraizar.





Figura 5. Planta de chayote (*Sechium edule*) desarrollada *in vitro*.  
Nótese el desarrollo de raíces.

## Erradicación de virus

### Cultivo de meristemas

La utilización del cultivo *in vitro* ha permitido una rápida multiplicación de material libre de plagas y enfermedades, sin embargo, no ha sido posible liberarlo de agentes sistémicos como los virus, que son responsables de importantes pérdidas en los rendimientos. Para la erradicación de virus existen métodos como el cultivo de meristemas, la termo y la quimioterapia y/o la combinación de estos (Conci 2010). La termoterapia consiste en el tratamiento con calor y se basa en el principio de que los microorganismos parásitos a menudo pueden ser eliminados o inactivados en rangos de temperatura y tiempo que son ligeramente perjudiciales para el hospedante y al afectar el metabolismo celular también se altera la síntesis del virus. La quimioterapia considera la aplicación de sustancias químicas específicas a plantas o tejidos infectados, con el fin de alterar su metabolismo y bloquear o alterar el mecanismo de síntesis de los virus.



Figura 6. Brote de chayote (*Sechium edule*) mostrando el domo apical y los primordios foliares. Domo apical libre de virus.

Por otra parte, el cultivo de meristemas se fundamenta en que la distribución de los virus en los tejidos de una planta infectada no es uniforme y que su concentración tiende a disminuir progresivamente hacia el meristema apical del tallo, donde las células se encuentran en constante división celular. La ausencia de tejido vascular en la proximidad del meristema apical y la activa división celular que allí ocurre ayudan a explicar la ausencia de partículas virales. Todas estas técnicas de erradicación de virus han sido experimentadas en chayote para eliminar el virus del mosaico del chayote (ChMV) (Abdelnour-Esquivel *et al.* 2006).

En el caso de chayote, se recomienda el cultivo de meristemas, más específico, el cultivo del domo apical, en presencia de reguladores de crecimiento en el medio de cultivo. Con la ayuda de un estereoscopio se disecta el domo apical (sin primordios foliares) y se cultiva en el medio MS con 0,022 mg/l de Z (zeatina) ó 0,10 mg/l de BA (benciladenina). La adición del regulador del crecimiento permite la regeneración y desarrollo de plántulas sanas. Estas plantas regeneradas se utilizan para iniciar el ciclo de multiplicación clonal masiva (micropropagación) y la posterior siembra en campo de las plantas obtenidas.

### **Aclimatación de vitroplantas**

Una vez que las vitroplantas de chayote han alcanzado un buen desarrollo foliar y de raíces y una altura mínima de 5cm (figura 7), están listas para ser trasladadas al invernadero en donde serán aclimatadas. En condiciones de laboratorio o cultivo *in vitro*, las condiciones ambientales en las que crecen estas plantas en cuanto a humedad, temperatura y nutrientes, son las ideales, por lo tanto, las raíces y los estomas no son funcionales y las hojas carecen de la capa de cera que las protege de la desecación. Por lo anterior, las plantas producidas *in vitro* deberán ser aclimatadas gradualmente para que sobrevivan las condiciones ambientales de la finca.

Las vitroplantas en los frascos de cultivo se llevan al invernadero 8 días antes de ser sembradas en las bolsas o macetas. Los frascos se colocan en las camas, se les quita el plástico que sella las tapas y de esta manera se inicia su proceso de endurecimiento.

### **Preparación del sustrato de siembra**

Días antes de la siembra se prepara el sustrato, que puede ser suelo con granza, a una relación de 3:1, este sustrato se debe desinfectar con algún producto químico o con vapor. Se recomienda utilizar Vitavax® a razón de 3 gramos por litro por permitir la desinfección y el cultivo inmediato sin daños para la vitroplanta. Se llenan las bolsas con el sustrato y se programa un riego nebulizado, con una frecuencia de 10 segundos cada 5 minutos, por 12 horas, esta frecuencia va a depender de las condiciones climáticas, ya que en invierno se pueden alargar estos periodos.

### **Siembra de las vitroplantas**

Para la siembra, las vitroplantas se sacan del frasco de cultivo y se lavan las raíces con abundante agua de pila para eliminar los restos del medio de cultivo. Las plantas se siembran en las bolsas con el sustrato preparado.

### **Fertilización de las plantas en invernadero**

Durante los primeros 10 días no se aplica ningún fertilizante, ya que estas sales pueden dañar las hojas de las vitroplantas, solo se aplica el riego nebulizado y se humedece el sustrato una vez al día.

A los 10 días de la siembra, se recomienda comenzar a aplicar fertilizantes granulados y foliares, para favorecer el desarrollo de las raíces. Se puede agregar Bayfolan®, en una dosis de 3 cc por litro de agua y de 2 a 5 g por planta de una fórmula alta en fósforo como 12-24-12.

Siempre en el invernadero, se recomienda que las vitroplantas estén cubiertas con un sarán al 70% paso de luz durante los primeros 15 días y conforme la planta va creciendo, el sarán se va recogiendo, hasta dejar la planta expuesta. A los 30 días de la siembra, cuando las plantas alcanzan una altura promedio de 30 a 50cm, se recomienda pasarlas a un sombreador fuera del invernadero, que consiste en un lugar con una cobertura de sarán (70% paso de luz), para que la planta se vaya ajustando a las nuevas condiciones de campo. Además, se coloca un soporte, para que los zarcillos de la planta empiecen a enredarse y vayan creciendo. Una vez que la planta sale del invernadero, la aplicación de agroquímicos es la misma que se utiliza en campo para la producción comercial. En este sombreador la planta permanece 15 días y es llevada para su siembra en el campo.



Figura 7. Vitroplantas de chayote (*Sechium edule*) mostrando un tamaño y desarrollo de raíces adecuado para iniciar el proceso de aclimatación.



Figura 8. Vitroplantas de chayote (*Sechium edule*) cultivadas en bolsa



Figura 9. Plantas de chayote en sombreador bajo sarán

## **Producción de plantas clonales a partir de enraizamiento de quelites**

### **Enraizamiento de estacas (tallos o quelites)**

Antes ir a la plantación a cortar quelites para enraizar, el agricultor debe de seleccionar las plantas que servirán como donadoras de material. Las plantas seleccionadas deben cumplir las siguientes características:

- Plantas sanas y vigorosas
- Frutos homogéneos en forma, tamaño, color, sin estrías y sin espinas
- Preferiblemente plantas con producción de frutos dobles (dos frutos por racimo)
- Cosechar las estacas una vez que la planta ha comenzado a fructificar

Se recomienda cosechar las estacas de una edad de tres meses aproximadamente, ya que esto permite observar la planta en producción, observándose 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 centímetros ni más de 45 centímetros
- Deben poseer al menos 3 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 aun cuando se corta el tallo principal, éste no se dañe y puede seguir suministrando agua y nutrientes al resto de la planta.

Una vez que se han seleccionado 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.

Las estacas se cortan en las primeras horas del día (6am a 8am) 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 pastosa de Vitavax® (Carboxin + Captan), para evitar la entrada de patógenos al tejido.

Las estacas se llevan al invernadero, en donde se cuenta con bolsas llenas con un sustrato compuesto de tierra y granza (3:1). Es recomendable que el sustrato esté desinfectado previo a la siembra. La desinfección puede realizarse con vapor de agua o simplemente con Vitavax® agregado y mezclado con el sustrato (Vitavax® a razón de 3 gramos por litro).

Para inducir el enraizamiento, las estacas se colocan en la solución enraizadora ANASIL, elaborada por el Centro de Investigaciones en Biotecnología, del Instituto Tecnológico de Costa Rica y desarrollada especialmente para el enraizamiento de estacas de chayote. LA solución 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 las bolsas y se mantienen en el invernadero por un periodo de 22 días. Se debe proporcionar un riego nebulizado, con periodos cortos pero continuos. La frecuencia y la duración del riego dependerán 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.

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 serán 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 al 70%), para que completen el proceso de aclimatación. Después de 7 días se llevan al campo para su siembra definitiva, siguiendo el mismo procedimiento recomendado para las plantas producidas *in vitro*.

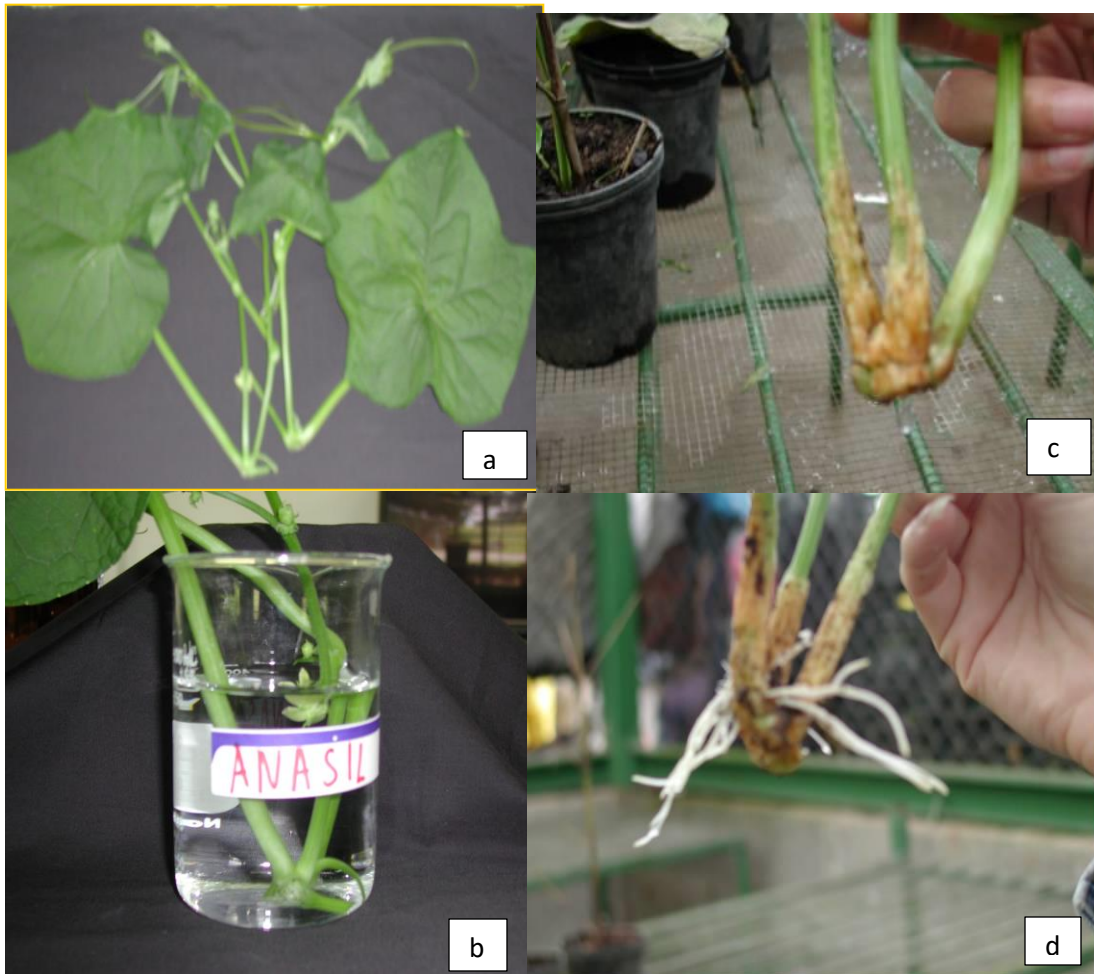


Figura 10. a) Estacas de chayote (*Sechium edule*) b) En solución enraizadora ANASIL c) Inicio del proceso de formación de raíces d) Nótese el sistema radical bien desarrollado

Con esta metodología de enraizamiento de estacas (quelites) de chayote, se ha obtenido 99% de éxito en la producción de nuevas plantas en experimentos repetidos. Por lo anterior, se recomienda se siga como guía práctica para la producción de clones de chayote, 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.

## Siembra en campo

Una vez aclimatadas las plantas y desarrolladas en invernadero, se trasladan a un terreno aislado de las siembras comerciales de chayote, acorde a lo estipulado en el Reglamento técnico de certificación de semilla (ONS).



Figura 11. Plantas de chayote (*Sechium edule*) producidas *in vitro* y sembradas en condiciones de campo.

## Condiciones climáticas, edáfica y topográfica de parcela de producción de semilla

Las condiciones climáticas de la parcela de aislamiento, para la multiplicación de material genético de la variedad "Quelite", se debe de localizar a una altura aproximada de 1000 a los 1200 m.s.n.m., con rangos de temperatura entre los 15° y 21°C, y una precipitación pluvial de 1700 a 2000 milímetros anuales. Se debe disponer de una fuente de agua que permita la aplicación de riego, el cual es esencial en este cultivo.

La condición edáfica de la parcela es suelo de textura arcillo arenoso, con buen drenaje, con fertilidad media a buena y alto contenido de materia orgánica.

En cuanto a la topografía del terreno se recomienda plana, con ligera ondulación y protegida de viento fuerte.

## Siembra de plantas seleccionadas

Previo al establecimiento de plantas, se realiza una chapea del total de área de siembra y aplicación de herbicida quemante (Paraquat® en una dosis de 2-4 onzas de producto comercial, por bomba de espalda de 18 litros).

Posteriormente se realiza la preparación del terreno, preparan los montículos los cuales se les agrega materia orgánica (aproximadamente 12 Kg mezclado con el suelo), ya que la planta de chayote presenta un sistema radical superficial.

Antes de la siembra de plantas, se establece el sistema de tutoramiento con poste madera y /o bambú, a una altura no menor de 2 metros de altura, con alambre galvanizado No. 12 o No. 16, favoreciendo con ello la iluminación y aeración, además de facilitar las fumigaciones.

Se establecen los puntos de siembra en sistema de 6 x 6 metros, dos plantas por punto de siembra, la cual se fertiliza al fondo con 200 gramos de formula química completa (12-24-12/ 15-30-8).

Posteriormente, a los 160 días después de siembra, se realizan aplicaciones mensuales de Urea a razón de 400 gramos, por cada punto de siembra. Se aplican adicionalmente abonos foliares de formula completa (20-20-20, 15-15-15) cada mes después de iniciada la floración.

La actividad cultural de poda, se aplica después del segundo mes de siembra, con la finalidad de eliminar guías que no presentan buen desarrollo, enfermas o cruzan las espalderas.

La planta de chayote es una liana monoica, en la misma planta hay flores masculinas (de color amarillo pálido) y flores femeninas (de color verdosas), es necesario establecer apiarios, ya que son las abejas las principales polinizadoras, en el cultivo.

El riego, en condiciones de verano, en periodo de crecimiento es fundamental, su aplicación por aspersión por lo menos dos veces por semana.

### **Principales plagas y enfermedades**

Entre las principales enfermedades que pueden afectar las plantas, de la parcela de multiplicación, se deben mencionar:

Fusarium (*Fusarium oxysporium*) el cual es un hongo habitante del suelo, provoca pudrición de raíces. Su tratamiento natural, de control biológico se realiza con el hongo *Trichoderma komingii*, inhibiendo su crecimiento o por medio de solarización del punto de siembra.

Oídio Mildiu polvoso, el cual ataca guías, follaje, puede ser controlado con aplicaciones de fungicidas a base de azufre, bicarbonato de potasio o natural, con aceite de Neen.

La araña roja (*Tetranychus urticae*), se presenta durante la estación seca y produce un amarillamiento de las hojas y costras claras en los frutos. La mosca blanca (*Bermisia tabaco*) y áfidos (*Aphis spp*) son de las plagas más comunes que pueden afectar la planta de chayote.

El objetivo final es llevar esta plantación hasta la etapa de producción de fruto, con la finalidad de confirmar la idoneidad y pureza varietal de la variedad denominada como "Quelite".

El fruto idóneo debe poseer una simetría, de forma de pera, medida promedio de 10 – 12 centímetros de largo, un peso entre 300 y 400 gramos, piel lisa y brillante, sin estrías, color verde pálido, y sin espina.





Figura 12. Frutos de chayote (*Sechium edule*) mostrando las características deseadas para comercialización.

Se procede a la eliminación de plantas, que no sean fieles representantes de la variedad Quelite, estableciendo un banco de semilla, de esta variedad.

De esta parcela de plantas seleccionadas por su idoneidad de material genético, se obtendrán los brotes para la reproducción clonal y masiva de material de siembra. De esta parcela se podrán tomar quelites para enraizar en invernadero y brotes vegetativos siguiendo las metodologías descritas para la multiplicación masiva en invernadero y laboratorio como se describe en esta guía.

## Glosario

**Autoclavado:** Proceso que permite la esterilización de diversos materiales mediante su sometimiento a presiones y temperaturas elevadas sin llegar a hervir (calor húmedo).

**Auxinas:** Grupo de fitohormonas que actúan como reguladoras del crecimiento vegetal, esencialmente provocan la elongación de las células; aunque están involucradas en un amplio número de procesos fisiológicos, como la dominancia apical, promover el crecimiento en longitud de la planta, estimular el crecimiento y maduración de frutas, floración, retardan la caída de hojas, flores y frutos jóvenes; entre otros.

**BA (benciladenina):** Fitohormona utilizada en el proceso de micropropagación para inducir crecimiento de los brotes).

**Callo:** Masa de células no diferenciadas con la capacidad de producir una planta completa. En las plantas, las células del callo son aquellas que cubren una herida.

**Cámara de transferencia de flujo laminar:** Es una cabina que emplea un ventilador para forzar el paso de aire a través de un filtro (HEPA o ULPA) y proporcionar aire limpio y estéril a la zona de trabajo.

**Clon:** Grupo de plantas que se han producido a partir de una planta originaria, sin reproducción sexual, y genéticamente idénticos a esta última.

**Condiciones asépticas:** Conjunto de técnicas que permiten mantener las condiciones libres de organismos perjudiciales para un determinado fin.

**Crioconservación:** Proceso en el cual células o tejidos son congelados a muy bajas temperaturas (entre  $-80^{\circ}\text{C}$  y  $-196^{\circ}\text{C}$ ), usualmente en nitrógeno líquido, para disminuir las funciones vitales de una célula o un organismo y poderlo mantener en condiciones de vida suspendida por mucho tiempo.

**Cultivo de tejidos vegetales:** Conjunto de técnicas que presentan en común el hecho de que un explante se cultiva asépticamente en un medio de cultivo artificial y se incuba en condiciones ambientales controladas; permitiendo que cada fragmento origine una planta idéntica a la que se le tomó el fragmento, aunque puede ser modificada genéticamente para tener variedades artificiales.

**Domo apical:** Segmento ubicado en la parte superior del ápice o meristema apical y que se caracteriza por una gran actividad meristemática (sucesiva división celular).

**Embriones cigóticos:** Embriones que se forman a partir de la unión de los gametos, la doble fecundación y las plantas que se originan son híbridas por la recombinación de sus genes. Estos embriones poseen la testa y el endospermo en las semillas naturales, los cuales proveen protección y nutrición al embrión cigótico.

**Estaca:** Fragmento de tallo con yemas que se utiliza como forma de propagación asexual o multiplicación de especies vegetales.

**Explante:** Pequeño fragmento de una planta que se corta y se prepara de forma aséptica para su cultivo en un medio nutritivo y que, por ende, funciona como generadora de nuevas plantas a través de cultivo de tejidos *in vitro*.

**Fenotipo:** Conjunto de características visibles que un individuo presenta como resultado de la interacción entre su genotipo y el medio en el que se encuentra.

**Genotipo:** Conjunto de genes que existen en el núcleo celular de cada individuo, en forma de ADN.

**Germoplasma:** Conjunto de genes que se transmite en la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras, refiriéndose comúnmente para designar el genoma de las especies vegetales silvestres y cultivadas de interés para la agricultura.

**Medio de cultivo:** Gel o solución que cuenta con los nutrientes necesarios para permitir, en condiciones favorables de pH, temperatura, luminosidad y fotoperíodo, el crecimiento de plantas en condiciones asépticas.

**Meristemas:** Conjunto de células que conforman un tejido siempre joven y poco diferenciado, con una alta capacidad de división celular, por lo que son los responsables del crecimiento vegetal.

**Micropropagación:** Conjunto de técnicas y métodos de cultivo de tejidos utilizados para multiplicar plantas con un determinado interés, de manera asexual, en forma rápida, eficiente y en grandes cantidades; logrando obtener plantas libres de enfermedades (tales como virosis).

**Nucleósido:** Corresponden a los precursores de los nucleótidos, los cuales son los que conforman las cadenas de ADN o ARN (material genético).

**Phytigel:** Nombre comercial del producto utilizado para la gelificación de medios de cultivo, y así permitir que adquieran una estructura semi-sólida.

**Quelite:** Estaca de chayote que posee de dos a tres nudos y que se utiliza para la propagación vegetativa

**Quimioterapia:** Uso de determinadas sustancias químicas para el tratamiento de virosis en plantas.

**Recursos genéticos:** Cualquier material, en este caso de origen vegetal, con algún valor genético (alguna característica particular de importancia) real o potencial, constituyendo la base para el desarrollo de nuevas variedades vegetales o de cultivos, permiten el desarrollo de nuevos productos.

**Termoterapia:** Técnica para la erradicación de virus en plantas que consiste en exponer a la planta a las altas temperaturas durante un determinado período.

**Vitroplantas:** Plantas clonadas en recipientes de laboratorio.

**Zeatina (Z):** Fitohormona utilizada en el proceso de micropropagación para inducir el desarrollo de meristemas de chayote.

## Literatura citada

Abdelnour-Esquivel A., Bermudez 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. 2002. Micropropagación de chayote (*Sechium edule* Jacq. SW.) a partir de brotes vegetativos. Agronomía Mesoamericana 13: 147-151.

Alvarado, I. 2006. Agente de Extensión. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Paraíso, Cartago. Comunicación personal.

Alvarenga, S.; Abdelnour, A., Brenes, J.; Gatica, A.; Brenes, A.; Chaves, S.; Madriz, J.; Murrel, M. 2006. Informe final de proyecto: "Implementación de un estudio para identificar y obtener *semillas* de chayote (*Sechium edule*) que correspondan a las nuevas exigencias del mercado". FECAC Oriental (Federación de Centros Agrícolas Cantonales del Valle Central Oriental). Centro de Investigación en Biotecnología Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional. 245p.

Alvarenga S., Flores D., Abdelnour-Esquivel. 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 (*Sechium edule* Jacq. Sw.). Tecnología en Marcha. 11(3):31-42.

Ashmore S.E. 1997. Status report on the development and application of *in vitro* techniques for the conservation and use of plant genetic resources. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 67p.

Brenes J., Alvarenga S., Abdelnour A. Enraizamiento de estacas de chayote (*Sechium edule*). Alcances Tecnológicos. Revista INTA. 2010. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. 8(1):61-69

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, Costa Rica. 9p.

Cassels A.C., Long, R.D. 1982. The elimination of potato viruses X, Y, S and M in meristem and explants culture of potato in the presence of virazole. Potato Res. 25: 165-173.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. El cultivo de meristemas para el saneamiento de clones de yuca: Guía de estudio. Serie 04SC-02.05. Cali, Colombia. 45 p.

Cieslinska M. 2002. Elimination of apple chlorotic leaf spot virus (aclsv) from pear by *in vitro* thermotherapy and chemotherapy. ISHS Acta Horticulturae 596: VIII International Symposium on Pear. Ferrara - Bologna, Italy.

CIMPE (Centro Nacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible). Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. 2015. Cadenas Globales de mercancías. La cadena de chayote. [http://www.cinpe.una.ac.cr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=553&Itemid=200](http://www.cinpe.una.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=553&Itemid=200)

Conci, V.C. 2010. Utilización de cultivos de tejidos para la obtención y conservación de plantas libres de enfermedades. Echenique, V.; Clara Rubinstein, Hopp, E.; Mroginski L.; Levitus, G. (eds.). Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Pp. 481-493

Conci V.C., Nome SF. 1991. Virus free garlic (*Allium sativum* L.) plants by thermotherapy and meristematic culture. J. Phytopathology 132:186-192.

Converse RH, Tanne E. 1984. Heat therapy and stolon apex culture to eliminate mild yellow-edge virus from Hood strawberry. Phytopathology 74:1315-1316.

COOPESANPAR (Cooperativa de Productores de Chayote de Santiago de Paraíso R.L.). 2000. Desarrollo Agroindustrial del Chayote. Santiago de Paraíso, Cartago, Costa Rica. 28p.

George E., Hall M.A., De Klerk G. 2008. Plant Propagation by Tissue Culture. Vol. 1. 3 ed. Springer. pp. 2-3

Golmirzaie AM, Panta A, Nopo LH. 1994. The contribution of tissue culture of roots and tubers to crop improvement in National Agriculture Research Systems (NARS). *In: Advances in Tissue Culture Technology for Improved Planting Material.* (4-1994, Kingston, Jamaica). Proc. of Biotech. Conf. p. 98-105.

LIRA R. 1996. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Chayote (*Sechium edule* Jacq.) SW. IPGRI. Roma, Italia. 58p.

Malauri B., Trouslot M., Bertraud J., Bousalem M., Pinel A., Dubern J. 1998. Medium-term and long-term *in vitro* conservation and safe international exchange of yam (*Dioscoria* spp.) germplasm. Electronic Journal of Biotechnology, Chile 1:1-15.

Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.

Mroginski, L., Sansberro, P.; Flaschland E. 2010. Establecimiento de cultivos de tejidos vegetales. Echenique, V.; Clara Rubinstein, Hopp, E.; Mroginski L.; Levitus, G. (eds.). Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Pp. 17-25

Shepard, JF. 1977. Regeneration of plants from protoplasts of potato virus X-infected tobacco. *Virology* 78: 261-266.

PROCOMER (Promotora de comercio exterior de Costa Rica). 2007. Análisis de estadísticas de exportación de Costa Rica. Libro 2007. (En línea). Disponible en <<http://procomer.com/PDF/estadisticas/libro-2007.pdf>> (25/05/10)

Sosa, R. 1997. El poder medicinal de las plantas. Asociación Publicadora Interamericana. Miami, Florida, Estados Unidos de América. P. 123.