

PN-ABD-865

RESEARCH GUIDE  
GUIA DE INVESTIGACION  
GUIDE DE RECHERCHE

63095

CIP

Guía de Investigación CIP 23

**PRODUCCION Y UTILIZACION DE  
MATERIALES PARA LA SIEMBRA DE  
PAPA EN CLIMAS CALIDOS**

1989

Jürg Benz



INTERNATIONAL POTATO CENTER (CIP)  
CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP)  
CENTRE INTERNATIONAL DE LA POMME DE TERRE (CIP)

Guía de Investigación CIP 23

**PRODUCCION Y UTILIZACION DE  
MATERIALES PARA LA SIEMERA DE  
PAPA EN CLIMAS CALIDOS**

1989

Jürg Benz

---

CIP  
Apartado 5969  
Lima, Perú

Ubicación:  
Av. La Universidad s/n  
La Molina - Lima

Tel. 366920  
Télex 25672 PE  
Cable CIPAPA, Lima

---

Guías de Investigación CIP (CRGs)

Las Guías de Investigación CIP (CRGs) describen tecnologías que han sido desarrolladas y utilizadas por el CIP y los Programas Nacionales de Papa. Las CRGs fueron producidas para promover el intercambio de información entre científicos y son actualizadas regularmente para asegurar que describan los avances más recientes.

---

Benz, J. 1989. Producción y utilización de materiales para la siembra de papa en climas cálidos. Guía de Investigación CIP 23. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 38 p.

---

**PRODUCCION Y UTILIZACION DE  
MATERIALES PARA LA SIEMBRA DE  
PAPA EN CLIMAS CALIDOS**

- 1 Problemas de los tubérculos-semilla
- 2 Propagación por tubérculos
- 3 Técnicas de multiplicación rápida
- 4 Esquejes de brote
- 5 Esquejes de tallo juvenil (un solo nudo)
- 6 Esquejes de tallo lateral
- 7 Esquejes de tallo adulto
- 8 Semilla sexual de papa
- 9 Propagación in-vitro
- 10 Utilización de semilla sexual y de esquejes en almácigos
- 11 Trasplante a campo de plántulas de semilla sexual o de esquejes
- 12 Material de siembra y su sistema de utilización
- 13 Bibliografía

La producción de papa en climas cálidos está adquiriendo creciente interés. En los últimos 15 años los rendimientos han aumentado a más del doble, debido principalmente a la disponibilidad de cultivares mejor adaptados y técnicas mejoradas de agronomía tropical. Sin embargo, una de las mayores y más comunes limitaciones, en las zonas cálidas es la falta de tubérculos-semillas de buena calidad y precio aceptable.

---

---

## 1 PROBLEMAS DE LOS TUBERCULOS-SEMILLAS

---

La mayoría de los productores de papa en las zonas cálidas dependen de la importación de tubérculos-semillas de países de clima templado o de tierras altas de clima tropical frío. Tres son los problemas más importantes asociados con esta práctica, los mismos que limitan la ampliación de la producción de papa en las zonas cálidas:

**Costo alto de los tubérculos-semillas.** Los tubérculos-semillas representan frecuentemente 50 % del costo total de producción de papa para consumo, esto, unido a los bajos rendimientos en climas cálidos debido a las condiciones climáticas desfavorables, hacen que la papa sea un alimento de alto costo de producción.

**Disponibilidad restringida de cultivares adaptados.** Algunos cultivares muestran buena adaptación a una amplia variedad de climas y rinden bien bajo condiciones de temperatura cálida. Sin embargo, la falta de adaptación a climas cálidos y susceptibilidad a enfermedades y plagas específicas de climas de mayor temperatura permanece como un factor importante.

**Calidad fisiológica inadecuada de los tubérculos-semillas.** El calendario para la producción de tubérculos-semillas en zonas templadas o tierras altas tropicales a menudo no coincide con la temporada de siembra de papa en climas cálidos. La semilla sin brotes, fisiológicamente joven, es de emergencia lenta e incompleta. Una gran proporción de plantas procedentes de tubérculos-semillas jóvenes producen sólo un tallo principal y por lo tanto su rendimiento es pobre. Los tubérculos-semillas fisiológicamente muy viejos tienen potencialmente un rendimiento pobre, debido a la tuberización precoz, follaje deficiente y senescencia anticipada.

---

---

Los problemas adicionales de los tubérculos-semillas importados pueden ser:

- contaminación con patógenos latentes (por ejemplo Erwinia);
- inseguridad en el despacho y
- riesgo de transporte y almacenaje

Los programas regulares de producción de tubérculos-semillas que se desarrollan en los países templados raramente se encuentran en los países de climas cálidos. Los programas regulares y completos abarcan dos aspectos: producción de semilla de categoría básica, y producción de semilla de categoría certificada. El objetivo de tales programas es suministrar semilla de la variedad deseada en cantidad suficiente en la época óptima de siembra y de buena calidad libre de enfermedades (de buen tamaño y en buen estado fisiológico). Los programas regulares de semilla requieren un alto grado de organización, reglamentos seguros, y procedimientos de certificación bien establecidos. Los siguientes requisitos son esenciales:

- zonas de cultivo de clima adecuado con bajas poblaciones de áfidos (vectores de virus) y ausencia de patógenos severos en el suelo;
- suministro de plantas in-vitro para la producción de semilla básica o adecuado suministro de semilla prebásica importada;
- tecnólogos de semilla y semilleros calificados y experimentados;
- invernaderos y materiales de laboratorio adecuados para la propagación y prueba de virus;
- capacidad de almacenaje adecuada

Estos requisitos escasamente se cumplen en las zonas cálidas, donde no existen zonas adecuadas para la producción de semilla. La propagación por tubérculos, si se hace en campos de clima cálido podría dar como resultado una rápida degeneración de la semilla, debido a las altas temperaturas y a las enfermedades que se transmiten por los tubérculos. Aún donde los programas de producción de semilla de categoría básica se han establecido con

---

---

éxito, persiste una pregunta importante: ¿Cómo se pueden multiplicar pequeñas cantidades de semilla de categoría básica para obtener cantidades grandes de material de siembra de calidad que se necesitan para la producción de papa de consumo?

Si es que no existen adecuados programas regulares de semilla, los agricultores podrían producir parte de su propio material de siembra utilizando semilla sexual, multiplicación en el campo o métodos de multiplicación rápida. La semilla sexual permite la producción de papa, independientemente de la compra de tubérculos-semillas. La propagación por tubérculo en el campo y las técnicas de multiplicación rápida permitirían que los agricultores adquirieran menores cantidades de semilla de alto costo.

En los siguientes capítulos se describen las técnicas de producción aplicables a nivel de campo, los problemas y potencial de propagación tradicional por tubérculos-semillas, la multiplicación rápida, la propagación in-vitro y la propagación por semilla sexual.

---

## 2 PROPAGACION TRADICIONAL POR TUBERCULOS-SEMILLAS

---

En numerosos países en desarrollo los agricultores conservan con frecuencia los tubérculos de una cosecha para la siembra en la próxima temporada, con el propósito de reducir el costo de los tubérculos-semillas, que de otra manera tendrían que comprarlo. Sin embargo, el objetivo principal de los agricultores es vender su cosecha de papa para consumo. El mejor precio se obtiene de los tubérculos que se muestran sanos, sin daños y de tamaño mediano y grande. Así, los tubérculos pequeños o aún dañados se guardan para consumo en el hogar y para semilla. Obviamente cualquier aspecto de tecnología de producción de semilla que pudiera ser introducido mejoraría los rendimientos de la papa.

La semilla sana puede degenerar después de una o más multiplicaciones con la consiguiente disminución de su capacidad de rendimiento. Esto resulta principalmente de dos procesos:

**Degeneración fisiológica.** Las temperaturas altas durante la temporada de cultivo dan como resultado la formación de tubérculos-semillas débiles. Los experimentos llevados a cabo por el CIP han mostrado lo siguiente:

- La semilla obtenida bajo condiciones de temperatura fría siempre ha rendido más que la semilla producida en climas cálidos. La reducción del rendimiento varía entre los cultivares; por eso es importante multiplicar y replantar clones bajo condiciones de clima cálido cuando se seleccionan para su adaptación a climas cálidos.
- El almacenamiento en frío puede reducir sólo parcialmente los efectos de las temperaturas altas durante la temporada de cultivo.

---

**Degeneración por virus.** Las plantas de papa en el campo están expuestas a infecciones por enfermedades viróticas, ya sea por contacto mecánico o por vectores. Las infecciones por virus pasan fácilmente hacia el interior del tubérculo. Los rendimientos de las plantas provenientes de tubérculos-semillas infectados por virus serán menores. El porcentaje de plantas enfermas a la cosecha depende de:

- estado sanitario de la semilla sembrada (porcentaje de tubérculos enfermos sembrados);
- cantidad de vectores (principalmente áfidos) presentes durante el periodo de cultivo; su actividad y eficiencia para transmitir virus;
- susceptibilidad de la variedad de papa empleada.

Además de la degeneración por virus en las zonas cálidas, la marchitez bacteriana afecta el potencial de rendimiento de la semilla.

La marchitez bacteriana se transmite por los tubérculos-semillas y puede reducir enormemente el número de plantas. Las parcelas para producción de semilla deberían establecerse en campos donde no se ha cultivado papa durante años.

Las plantas con síntomas de marchitez deben extraerse de las parcelas de semilla, conjuntamente con las plantas vecinas aparentemente sanas, porque la marchitez bacteriana puede ser transmitida por contacto de las raíces.

Para mejorar la producción de tubérculos-semillas el objetivo principal debe ser mantener el estado de sanidad de la semilla y su pureza varietal.

La multiplicación en el campo por tubérculos-semillas en la forma como deben realizarla los productores en países de clima templado se basa en:

- 
- Empezar con tubérculos-semillas libres de enfermedades.
  - Seleccionar zonas con bajas poblaciones de áfido para la producción de semilla.
  - Producir la semilla durante una temporada con presión baja de áfidos o cosechar el cultivo antes que aumenten las poblaciones de áfidos.
  - Asegurar que los campos de cultivo de papa para consumo no se encuentren próximos a los campos de semilla, dado que los cultivos de papa para consumo pueden tener un porcentaje alto de plantas enfermas.
  - Eliminar las plantas atípicas (principalmente la mezcla de variedades) y las plantas enfermas, que son fuente de diseminación de enfermedades (descarte).
  - Emplear variedades resistentes a los virus.
  - Controlar plagas (áfidos).

En numerosas zonas sólo podrán implementarse algunas de las prácticas indicadas anteriormente. Los agricultores deberán ser estrictos en la identificación y eliminación de las plantas enfermas (selección negativa) o identificación de plantas sanas y vigorosas, las que deberán cosecharse por separado para semilla (selección positiva).

**Selección negativa.** Las plantas enfermas, atípicas y las plantas espontáneas se identifican mediante la inspección de campo. Esto se hace antes que el cultivo cubra completamente el suelo, para evitar la diseminación de las enfermedades que se transmiten por contacto mecánico. Las plantas identificadas se extraen, se retiran del campo y se destruyen.

---

La selección negativa o descarte es solamente práctica si el porcentaje de plantas enfermas es relativamente bajo. Este es el caso en que los agricultores tienen acceso a tubérculos-semillas sanos para renovar frecuentemente su provisión de semillas. Esta selección es difícil de implementar porque los agricultores se resisten a eliminar las plantas enfermas por razones económicas.

**Selección positiva.** Los agricultores identifican y colocan estacas para marcar las plantas más sanas y vigorosas de un campo común de papa y cosechan y almacenan los tubérculos separadamente. Estos tubérculos se siembran en la parcela de semilla en la siguiente temporada. De nuevo las plantas saludables y vigorosas se marcan y cosechan por separado para una siguiente parcela de semilla, mientras que los tubérculos de las plantas restantes se emplean para sembrar un campo de papa para consumo. Este ciclo se repite hasta que el número de plantas posibles de seleccionar sea tan reducido que se considere necesario reiniciar el proceso descrito anteriormente.

Esta técnica podría ser para los agricultores más aceptable que la selección negativa ya que la remoción de las plantas enfermas no es un requisito. Sin embargo, la eliminación de las mismas podría mejorar esta técnica.

Las selecciones positivas y negativas son instrumentos valiosos y pueden mejorar sustancialmente la calidad de la semilla de los agricultores, comparada con la práctica de guardar los tubérculos para consumo para ser utilizados como semilla. Sin embargo, en climas cálidos cualquier propagación por tubérculo sufre los efectos que tiene la temperatura alta sobre la calidad fisiológica del tubérculo-semilla.

---

### 3 TÉCNICAS DE MULTIPLICACION RAPIDA

---

Las técnicas de multiplicación rápida se basan en el hecho de que cualquier parte vegetativa de la planta de papa puede emplearse para propagar el cultivo. La propagación tradicional por medio de tubérculos-semillas da como resultado tasas bajas de multiplicación (1:3 a 1:15) y el material está expuesto a contaminación por virus y otras enfermedades. Se pueden lograr mayores tasas con técnicas de multiplicación rápida al mismo tiempo que se controla con mayor facilidad el estado sanitario del material.

La necesidad de los programas de multiplicación de semilla de incrementar el volumen de semilla de categoría básica para los agricultores y de los programas de mejoramiento, de obtener grandes cantidades de tubérculos de los nuevos clones promisorios que les permitan conducir pruebas de campo, dió impulso al desarrollo de técnicas de multiplicación rápida. Estas técnicas por lo general requieren mucha mano de obra e instalaciones especiales como invernaderos a prueba de insectos, laboratorios de virología, etc.

Sin embargo, las técnicas de multiplicación rápida pueden simplificarse, y adaptarse a las condiciones locales de la finca. Los esquejes (cualquier fracción vegetativa no leñosa de la parte aérea de una planta) producidos por los agricultores, pueden llegar a ser un material de siembra de buena calidad, de bajo costo y pueden ser usados:

- en almácigos de alta densidad para producir tubérculos-semillas para las siguientes siembras en el campo;
  - en trasplante a camas a bajas densidades para producir papa de consumo (por ejemplo, producción para consumo local o en el hogar, durante todo el año)
  - directamente en el campo para producción de papa de consumo.
-

---

A continuación se describen los diferentes métodos de multiplicación rápida por esquejes.

---

#### 4 ESQUEJES DE BROTE

---

Los brotes a usarse deben provenir de tubérculos sanos. Pueden utilizarse tanto los brotes completos como segmentos de brote con uno o varios nudos. El almacenaje prolongado en la oscuridad da como resultado la formación de brotes largos de color blanco y débiles, los cuales son fáciles de manejar, pero difíciles para enraizar. De otro lado, el almacenaje en luz difusa da como resultado la formación de brotes cortos, fuertes y verdes, con entrenudos cortos haciendo difícil su manejo. Si los brotes han de ser cortados en segmentos se recomienda alternar el almacenaje de los tubérculos en luz difusa y en la oscuridad. Dependiendo del clon empleado, se pueden obtener varias cosechas de brotes de cada tubérculo. Un tubérculo-semilla puede rendir hasta 100 esquejes de brote si es que los brotes se cortan en segmentos. Las enfermedades que se originan en el suelo o en el tubérculo mismo generalmente no son eliminadas con el empleo de esquejes de brote.

Los esquejes de brote se enraizan en bandejas con arena fina (menor de 1 mm) o se colocan directamente en macetas conteniendo, por ejemplo, una mezcla de arena y estiércol fino seco. Las hormonas que se usan normalmente para el enraizamiento no son necesarias. Después del enraizamiento y crecimiento suficiente del tallo en formación, los esquejes se trasplantan directamente al campo. Alternativamente, los esquejes se pueden transferir de las bandejas a macetas o a camas para la reproducción de tubérculos-semillas bajo condiciones controladas o se pueden emplear para producir plantas madres para la producción de esquejes de tallos juveniles o laterales.

---

## 5 ESQUEJES DE TALLO JUVENIL

---

Cuando se emplean esquejes de tallo juvenil las tasas de multiplicación son usualmente mucho más altas que las de los esquejes de tallo lateral o brote. Los esquejes de tallo juvenil se obtienen de las plantas madres mantenidas jóvenes (sin hojas compuestas, ni tubérculos). Esas plantas jóvenes y de crecimiento vigoroso pueden originarse de esquejes de brotes, tubérculos pequeños (menores de 10 g) o de material in-vitro. El procedimiento es el siguiente:

- Cortar los tallos cuando las plántulas tienen de 5 - 6 hojas y cortarlos en secciones de un solo nudo, cada una conformada por un pedazo de tallo con una hoja y yemas axilares. Dejar una hoja grande en la base para permitir el crecimiento de las yemas axilares de la hoja remanente. Es posible obtener hasta diez cosechas sucesivas si las plantas madres se pueden mantener en estado juvenil.
- En los esquejes enraizados en arena fina, la yema axilar debe estar cubierta con arena. Las raíces se forman en la base del pedazo de tallo y la yema axilar desarrolla un retoño aéreo en el término de dos semanas.
- Los esquejes una vez desarrollados pueden emplearse como nuevas plantas madres, trasplantados a camas para producción de tubérculos-semillas, o trasplantados directamente al campo.

El manejo de la planta madre es crítico. Bajo condiciones de día corto, las plantas madres pueden tuberizar, pudiendo además formar estolones o tubérculos, en la parte enterrada de la yema axilar de los esquejes obtenidos durante la fase de enraizamiento. La producción de las plantas madres

---

---

en camas de alta densidad, con alta fertilización de nitrógeno garantiza un crecimiento vigoroso en un período bastante prolongado, bajo condiciones de temperatura alta. En condiciones de día corto sería necesario prolongar la duración del día en forma artificial (con iluminación nocturna) de aproximadamente 2 h para los clones sensibles a días cortos.

Como una variación de la técnica de tallo juvenil, la parte apical de las plantas madres se emplea como un todo. Se producen retoños laterales por crecimiento de las yemas axilares de las hojas remanentes y los esquejes apicales pueden cosecharse durante un período hasta de diez meses. Morfológicamente estos son esquejes de tallo lateral, pero el tipo de las plantas madres que se necesita, el manejo de las mismas y el posterior uso de estos esquejes son bastante similares al de los esquejes de tallo juvenil. Las enfermedades no sistémicas pueden ser eliminadas mediante esta técnica. En camas de almácigo de alta densidad (600 plantas madres por m<sup>2</sup>) cada planta madre puede rendir hasta 30 esquejes en un período de 10 meses.

---

## 6 ESQUEJES DE TALLO LATERAL

---

Los esquejes de tallo lateral (10 - 15 cm de longitud) son los que se forman en la axila de las hojas de plantas madres de tamaño normal con profuso desarrollo vegetativo y que se ramifican a expensas del crecimiento del tubérculo. Estos esquejes están generalmente libres de enfermedades no sistémicas si se toman de la parte superior de la planta. Se pueden cosechar hasta 60 esquejes de cada planta madre durante un período de 50 días, empezando aproximadamente en el día 30 después de la siembra del tubérculo madre. Las plantas madres se obtienen generalmente a partir de tubérculos-semillas sembrados en macetas o en camas a baja densidad. El proceso para la producción de esquejes de tallo lateral es como sigue:

- Tubérculos con numerosos brotes se siembran superficialmente para promover el desarrollo aéreo.
  
- Dos a tres semanas después de la emergencia (altura de la planta de 20 - 30 cm) se despuntan todos los tallos para estimular la formación de ramas. Los brotes laterales formados en cada nudo se cortan cuando tienen de 8 a 12 cm de longitud. A intervalos de una semana se pueden hacer hasta 6 o más cosechas. Los esquejes deben cortarse cerca del nudo, a fin de obtener esquejes de 3 a 5 cm de longitud (distancia al nudo más bajo del esqueje) con un pedazo de tallo en su base. Se debe tener cuidado de no dañar las yemas laterales, que son potencialmente los nuevos esquejes.

- 
- Los esquejes hay que enraizarlos en arena gruesa, en espacios de 5 por 5 cm. Los nudos no deben estar cubiertos por la arena para evitar una tuberización precoz. Algunos clones tienen dificultad para enraizar y se hace necesario aplicar hormonas de enraizamiento. Para la formación rápida de la raíz es esencial un buen contacto entre la arena y el esqueje.
  - Las raíces se forman entre 10 - 15 días, y los esquejes pueden entonces trasplantarse al campo o a las camas.

El rendimiento potencial de esquejes enraizados es enormemente influenciado por la condición fisiológica de la planta madre.

Las plantas madres de clones adaptados a días largos (la mayoría de las variedades europeas y norteamericanas) se ven fuertemente inducidas a tuberizar en condiciones de días cortos y/o temperatura fría. Es así que los esquejes pueden tuberizar durante la fase de enraizamiento o muy poco después del trasplante, restringiéndose de esta manera la formación de follaje con la consiguiente disminución del rendimiento en tubérculos.

Las siguientes técnicas de manejo de la planta madre y de los esquejes pueden reducir los estímulos de tuberización y dar como resultado un crecimiento vigoroso de los esquejes después del trasplante:

- emplear clones que sean menos sensibles al fotoperíodo; (estos son los clones que se buscan para el trópico);
- ampliar artificialmente la duración del día utilizando luz de lámparas incandescentes, durante 1 a 2 horas en la noche;
- emplear alta fertilización de nitrógeno; aplicar N a las plantas madres después de cada cosecha de esquejes;

- 
- utilizar sombra para las plantas madres, a fin de reducir la radiación hasta 40 %, por su efecto sobre la temperatura;
  - preparar los esquejes con base larga sin nudos, para reducir la zona donde pueda producirse la tuberización;
  - hacer crecer las plantas madres en un lugar cálido protegido cuando existan bajas temperaturas;
  - no cubrir los nudos durante la fase de enraizamiento o al trasplante;
  - minimizar el estrés del trasplante (el cual podría promover la tuberización temprana de los esquejes ya antes inducido por efecto del sombreado) manteniendo la humedad del suelo y aplicando fertilización de P antes del trasplante, para propiciar el desarrollo rápido de la raíz.

La edad de las plantas madres de las que se han obtenido los esquejes no influye en el desarrollo del follaje o en la precocidad de la tuberización de los esquejes. Así, los esquejes bien conformados pueden cosecharse de las plantas madres casi hasta su senescencia, siempre y cuando se manejen adecuadamente las plantas madres y los esquejes.

---

## 7 ESQUEJES DE TALLO ADULTO

---

Los esquejes de tallo adulto se obtienen de plantas madres fisiológicamente senescentes o viejas. Un esqueje de tallo adulto es una sección de un solo nudo que consta de un pedazo de tallo, una hoja compuesta y yemas axilares. El objetivo es promover la formación de un tubérculo en la yema axilar en lugar de un retoño. Los esquejes de tallo adulto se emplean en combinación con otras técnicas de multiplicación rápida. Por ejemplo, las plantas madres empleadas para la producción de esquejes de tallo lateral que se encuentren senescentes pueden usarse para la producción de pequeños tuberculillos por medio de esquejes de tallo adulto. Una planta madre puede rendir hasta 120 esquejes de tallo adulto. El proceso para la producción de tuberculillos de esquejes de tallo adulto es el siguiente:

- sacar los brotes y cortarlos en secciones de un solo nudo;
- colocar los esquejes en arena fina con el brote de la hoja debajo de la superficie de la arena. No aplicar hormonas de enraizamiento para evitar que éste se produzca. Condiciones de días cortos y/o temperaturas frías son ideales en este caso, ya que una gran porción de los esquejes podría rápidamente formar tubérculos en la axila de la hoja;
- después de 3 a 4 semanas se pueden cosechar tubérculos pequeños (de 1/2 a 1 cm de diámetro). Posteriormente es preferible almacenar en frío ya que tubérculos tan pequeños pueden deshidratarse rápidamente bajo condiciones de temperatura alta.

Estos tuberculillos se emplean para producir nuevas plantas madres o para la producción de semilla en camas.

---

**Integración de técnicas de multiplicación rápida.** En un programa de semilla básica o de mejoramiento, las técnicas individuales de multiplicación rápida se integran para aumentar las tasas de multiplicación y asegurar una producción continua de tubérculos. Por ejemplo, los esquejes de brote se emplean para la obtención de plantas madres, las que a su vez se usan para producir esquejes de tallo juvenil. Los esquejes de tallo juvenil se emplean para producir más plantas madres que rendirán más esquejes para producción de tubérculos en recintos especiales o en el campo. Las plantas madres en senescencia se usan para producción de tuberculillos de esquejes de tallo adulto. En un sistema integrado se pueden obtener tasas de multiplicación de uno a varios miles. La sanidad es la primera condición que deben cumplir estos sistemas. Las enfermedades sistémicas (virosis, bacteriosis) pueden diseminarse rápidamente a través de las provisiones de semilla si es que no se toman precauciones para desinfestar los equipos y las manos, y trasplantar en sustrato esterilizado.

A nivel de finca, las técnicas de multiplicación rápida deben mantenerse tan simples y precisas como sea posible. Las condiciones referentes a la rusticidad del material de siembra o a la duración de todo el período de producción pueden ser de mayor importancia que la tasa de multiplicación misma. En la mayoría de los casos los agricultores pueden producir esquejes de manera discontinua y trasplantarlos al campo o a camas para producción de papas para consumo o para semilla. Se puede reiniciar el programa completo de producción de esquejes en una próxima temporada, empleando materiales comprados o propios para producir plantas madres (por ejemplo, los tubérculos cosechados de las plantas madres de la última temporada o tuberculillos producidos en camas).

---

## 8 SEMILLA SEXUAL DE PAPA

---

La escasez y alto costo del tubérculo semilla adicionados a la perecibilidad por almacenaje y transporte en los climas cálidos y al estado fisiológico adecuado para la siembra que limita a los agricultores la flexibilidad para elegir la mejor época de siembra han conducido al desarrollo de programas de propagación por semilla sexual, lo cual tendría las siguientes ventajas:

- debido a su tamaño (un millar de semillas pesa menos de un gramo), la semilla sexual permite sembrar una hectárea de papa con 100 g de semilla que pueden reemplazar a dos toneladas de tubérculos-semillas usados tradicionalmente;
- se eliminan la mayoría de las enfermedades transmitidas por tubérculo;
- el almacenamiento y el transporte son fáciles y de bajo costo. La semilla se puede guardar por años y sembrar en cualquier época una vez roto el período de latencia.

La semilla se produce de dos maneras:

- Progenies de polinización libre. La polinización tiene lugar en forma natural, mayormente por la actividad de los insectos. La producción de semilla por polinización libre puede efectuarse a nivel de finca.

- 
- Progenies híbridas. La semilla híbrida se produce controlando la polinización de tal manera que se evite la autofecundación o la polinización cruzada natural. Para producir la semilla híbrida se seleccionan los padres cuyas progenies tuvieron un buen comportamiento. La semilla híbrida tendría que ser comprada por los agricultores.

En ambos casos la progenie resultante es una mezcla de genotipos. Existe una enorme variabilidad fenotípica entre progenies, esto da una gran oportunidad a los fitomejoradores para seleccionar los progenitores que dan un híbrido uniforme o progenies de polinización libre.

La floración y formación de las bayas dependen del genotipo y son bastante influenciadas por las condiciones del medio ambiente, como la temperatura, duración del día e intensidad de la luz. Las bayas se semejan a pequeños frutos verdes de tomate. Estos se cosechan cuando maduran y se guardan bajo condiciones de temperatura ambiente hasta que se pongan suaves. Luego se extraen las semillas y se secan a la temperatura ambiente. La semilla puede conservarse en frío (idealmente a 4 °C y baja humedad relativa) por varios años. La semilla puede ser empleada de tres maneras:

**Siembra directa en el campo.** La cosecha obtenida a partir de la semilla puede ser empleada como tubérculo-semilla o para el consumo. Sin embargo, es bastante difícil obtener una buena producción de siembra directa de semilla en el campo. Se requiere muy buena preparación del terreno, suelo mullido y bien nivelado, con contenido estable de humedad (suelos hidromórficos), condiciones moderadas de temperatura y ausencia de estrés. A pesar de ello, la germinación y emergencia son lentas y desuniformes y las malezas se desarrollarían más rápida y vigorosamente que las plántulas de papa. La siembra directa permanece como una tecnología interesante para el futuro, pero todavía requiere de mucha investigación.

---

**Trasplante de las plántulas al campo.** Las plántulas se producen en un área de almácigo protegida y se trasplantan al campo para producir papa de consumo o semilla. La semilla se siembra superficialmente (a no más de 1 cm de profundidad) en bandejas o camas de almácigo a altas densidades (aproximadamente 1000 - 1500 semillas/m<sup>2</sup>: en hileras de 5 cm de separación y una distancia entre puntos de siembra de 1 - 2 cm). Los sustratos de las camas de semilleros ideales son una mezcla de arena o suelo con un compuesto orgánico disponible en la localidad. La fertilización con suficiente fósforo es esencial para el buen crecimiento de las raíces y de las plántulas. En el caso de un sustrato de baja fertilidad, tal como arena-musgo en proporción 1:1 se considera adecuado incorporar 10-30-10 g de N P K por cada 100 kg de sustrato. Cuando se usa un compuesto orgánico fértil como el compost se necesitan cantidades menores de fertilizantes inorgánicos. La emergencia tiene lugar en 8 a 10 días y las plántulas están listas para el trasplante al campo a los 30 a 35 días después de la siembra, cuando tienen 5 a 6 hojas. Las técnicas de trasplante y prácticas de manejo de campo se describen en el capítulo 11.

**Producción de tubérculos a partir de semilla sexual en camas de almácigo.** Los tubérculos producidos en camas de almácigo a partir de semilla son empleados exclusivamente como tubérculos-semillas. La semilla se siembra directamente en las camas almácigo a distancia de 10 x 10 cm y a razón de 3 a 4 semillas por hoyo. El raleo se efectúa aproximadamente después de 3 semanas dejando solo las plantas más vigorosas de cada hoyo, obteniendo al final una densidad de 100 plantas por m<sup>2</sup>. La siembra de semilla en bandejas y su trasplante después de 30 días a las camas almácigo no es recomendable como un procedimiento generalizado, ya que no se produce crecimiento durante el tiempo de recuperación del estrés del trasplante. Sin embargo, esta práctica sería beneficiosa en dos casos:

- 
- cuando la disponibilidad de las camas almácigo es limitada;
  - cuando las temperaturas son muy altas para la germinación de la semilla en las camas almácigo, pero las bandejas pueden mantenerse en ambientes cerrados más fríos hasta la emergencia. Las prácticas de manejo de las camas almácigo se describen en el capítulo 10.

---

## 9 PROPAGACION IN-VITRO

---

Las plántulas in-vitro se emplean como plantas madres o como una fuente directa de plántulas para la producción de semillas en camas de almácigo. Las plántulas obtenidas por cultivo de tejidos, libres de enfermedades sistémicas, se producen utilizando meristemas o cultivos de brotes apicales. Se toman esquejes pequeños (menores de 1 cm) de las plántulas así obtenidas y luego se siembran de nuevo en tubos de agar con nutrientes apropiados y hormonas. Las condiciones óptimas para el crecimiento son temperaturas de 18-20 °C y días cortos.

El ciclo de crecimiento de las plántulas in-vitro, cortándolas en segmentos y colocándolas en tubos de prueba puede ser repetido varias veces. Las plántulas pueden después ser trasplantadas a semilleros o depósitos llenos de una mezcla de tierra orgánica estéril .

Las técnicas de cultivo de tejidos pueden no ser directamente aplicables a nivel de finca. Sin embargo, sería posible que un programa de semilla produzca plántulas por cultivo de tejidos, para venderlas a los agricultores con el propósito de producir plantas madres.

---

## 10 UTILIZACION DE ESQUEJES Y SEMILLA SEXUAL EN ALMACIGOS

---

**Producción de tubérculos para consumo en camas de almácigo.** A pesar de que los esquejes de tallo lateral son menos eficientes para la producción de tubérculos-semillas, ellos rinden una proporción más alta de tubérculos de tamaño grande, por lo tanto se sugiere su uso para la producción de tubérculos para consumo directo. Los esquejes de tallo lateral podrían usarse en un sistema de producción continua de papa para consumo local o familiar. Esto requeriría de un sistema donde los esquejes sean inicialmente tomados de las plantas madres y posteriormente de su progenie. Los esquejes serían trasplantados a camas a densidades bajas de aproximadamente 25 esquejes por m<sup>2</sup>. Sería posible obtener cosechas pequeñas y escalonadas empleando un sistema de esquejes de tallo lateral, para un abastecimiento racional de tubérculos a nivel de finca.

En este capítulo se describe con mayor detalle, las prácticas de manejo para la producción de tubérculos para semilla o para consumo, mediante el uso de esquejes y/o semilla. Los detalles específicos de los varios tipos de materiales de siembra han sido mencionados en los capítulos anteriores.

**Producción de tubérculos-semillas en camas de almácigo.** El trasplante de los esquejes y la siembra de la semilla en camas de almácigo son dos maneras de producir tubérculos-semillas. Las condiciones de estrés, tales como calor o sequía pueden ser más fácilmente controladas en camas de almácigo bien protegidas que en campos abiertos y lo que también posibilita un manejo más intensivo. Cuando se usan camas de almácigo, los tubérculos-semillas pueden ser producidos fuera de temporada, aún en las regiones donde las condiciones de clima no son adecuadas o la falta de irrigación hace que haya sólo una cosecha al año. Los patógenos que se transmiten al tubérculo por contacto con el suelo, tales como Pseudomonas o Erwinia pueden controlarse fácilmente en las camas de almácigo.

---

---

La frecuencia de las siembras de papa en el campo y el problema de los patógenos del suelo puede ser reducido si la semilla se produce en camas almácigo en vez de hacerlo en el campo.

Las prácticas de manejo de almácigo son bastante similares para los esquejes y la semilla, con un par de excepciones. En la mayoría de los casos la semilla se siembra directamente en las camas, mientras que los esquejes son primero enraizados en arena y después trasplantados a las camas. La densidad óptima final para la semilla después del raleo es de 100 plantas/m<sup>2</sup>. La densidad de siembra para los esquejes puede variar de 50 a 100 esquejes por m<sup>2</sup>. No se efectúa el raleo.

**Preparación de semilleros.** Pueden emplearse mezclas de arena o tierra y compuestos orgánicos, tales como musgo, estiércol descompuesto o compuesto de residuos de vegetales. Para controlar las enfermedades que tienen su origen en el suelo, el sustrato puede ser usado varias veces si se esteriliza después de cada cosecha fumigando el suelo o aplicando solarización. La solarización consiste en cubrir el sustrato húmedo con una doble capa de plástico durante un mes con el fin de elevar la temperatura. La dimensión ideal de las camas de almácigo es de aproximadamente 25 cm de profundidad y un ancho no mayor de un metro para facilitar su manejo.

**Fertilización.** Hay que tener en cuenta consideraciones importantes para la fertilización de semilla y esquejes:

- La sensibilidad a la salinidad de la semilla durante su emergencia y crecimiento inicial y de los esquejes después del trasplante. Los fertilizantes N y K tienen alto índice de salinidad.

---

La disponibilidad de P es esencial durante las etapas de crecimiento inicial para el desarrollo rápido de las raíces. Los fertilizantes-P tienen índices bajos de sales.

De esta manera se puede incorporar el P total en el sustrato antes de la siembra o al trasplante, mientras que el N y K deben fraccionarse en varias aplicaciones. Las cantidades totales de fertilizantes que se necesitan son mayores que para la producción en el campo, porque los nutrientes se filtran más rápidamente en los sustratos de almácigo que en el suelo de campo y porque la biomasa total producida por el cultivo por m<sup>2</sup> es mayor que en el campo. En el CIP, los mejores rendimientos de semilla sexual se han obtenido con 40 - 60 - 40 gramos de N P K por m<sup>2</sup>.

**Sombra.** La sombra es esencial para reducir las temperaturas del aire y del suelo y para preservar la humedad del sustrato después de la siembra de la semilla o el trasplante de los esquejes. Si las temperaturas del suelo pasan los 25 grados centígrados, la germinación de la semilla no es uniforme. La sombra puede ser proporcionada usando materiales disponibles en la localidad (por ejemplo hojas de plátano). Los niveles óptimos de sombra deben reducir la entrada total de radiación en un 20 a 50 %. Una sombra intensa y prolongada es perjudicial. La semilla sembrada puede también ser protegida cubriendo la cama con una capa de cobertura protectora, la que debe ser retirada después de siete u ocho días (antes de la emergencia de las plántulas).

**Plagas, enfermedades, malezas.** El control de las plagas y enfermedades debe seguir los requerimientos de la localidad. Los insecticidas como el Temik o Furadan no deben ser incorporados en el sustrato a la siembra o trasplante debido a su fitotoxicidad. Una alternativa para prevenir los daños del gusano cortador o de las hormigas es la distribución de insect-

---

ticida alrededor de la cama de almácigo. Los herbicidas no deben emplearse las camas.

**Aporque.** El aporque se hace añadiendo más sustrato a las camas. Una capa de aproximadamente 5 cm es la adecuada. El aporque se hace tan pronto como sea posible y obviamente antes que el follaje cubra por completo el suelo, ya que las plantas podrían ser dañadas. El aporque previene que los estolones salgan al aire, y aumenta el número de tubérculos.

El rendimiento y su estructura en camas de almácigo. Los estudios del CIP han demostrado que bajo condiciones de temperatura cálida, los esquejes de tallo trasplantados o la semilla dan los siguientes rendimientos por m<sup>2</sup> de cama de almácigo (densidad 100 plantas/m<sup>2</sup>):

---

|                            | tallo lateral | semilla sexual |
|----------------------------|---------------|----------------|
| peso (kg)                  | 3 - 5         | 3 - 5          |
| tubérculos (número)*       | 150 - 220     | 250 - 500      |
| distribución de tamaño (%) |               |                |
| 1 - 10 g                   | 25            | 55             |
| 10 - 40 g                  | 50            | 40             |
| + 40 g                     | 25            | 5              |

---

\* no incluye tubérculos menores de 1 g

La semilla produce más tubérculos que los esquejes de tallo lateral, por lo que es más eficiente para la producción de tubérculos-semillas. Sin embargo, en general, la semilla producida en climas cálidos tiene un rendimiento potencial menor que la semilla cultivada en climas fríos.

---

---

## 11 TRASPLANTE DE PLANTULAS DE SEMILLA O DE ESQUEJES ENRAIZADOS AL CAMPO

---

Este capítulo describe prácticas especiales de manejo que se requieren para trasplantar al campo esquejes enraizados o plántulas provenientes de semilla para producción de tubérculo-semilla o papa-consumo. Una vez que el campo está completamente establecido, las prácticas de manejo son las mismas que las empleadas para los cultivos de papa provenientes de tubérculos-semilla.

**Fertilización.** Las cantidades de fertilizantes nitrogenados (N) y potásicos (K) aplicados y su ubicación son críticas, porque los trasplantes son sensibles a la sal. El fósforo (P) es importante para enraizar el trasplante y el N promueve el rápido desarrollo del follaje. Las cantidades requeridas de fertilizantes N y K son las mismas que las cantidades aplicadas al cultivo de papa proveniente de tubérculos-semilla; las cantidades de fertilizante P pueden ser aumentadas hasta 30 %. P K se aplica en el trasplante, el N es fraccionado en dos aplicaciones, la primera al trasplante, la segunda al aporque. Los fertilizantes deben ser colocados cuidadosamente, evitando el contacto del fertilizante seco con las raíces.

**Técnicas de trasplante.** Las plántulas y los esquejes pueden ser trasplantadas a raíz desnuda, con las raíces cubiertas con sustrato de almácigo o en macetitas hechas con sustrato de alto contenido de materia orgánica, rodeado de periódico u hojas de plátano. Si se emplean estas macetitas, los esquejes pueden ser enraizados primero en arena gruesa y luego transferidos a las macetitas, o pueden ser directamente enraizados en las mismas. Esto último requiere menos trabajo, pero el enraizamiento es más difícil. La semilla puede ser directamente sembrada en las macetitas.

---

**Densidad de trasplante.** Las plántulas provenientes de semilla, o los esquejes, dan plantas con un solo tallo principal. Las densidades de trasplante deben ser entonces más altas que las densidades de siembra de cultivos con tubérculos-semillas para alcanzar similares densidades de tallo. Más aún, debe tomarse en consideración que la mortalidad de los trasplantes es habitualmente más alta que la proporción de tubérculos-semillas que no emergen. Las densidades óptimas para la semilla varían de 60 000 a 100 000 puntos de siembra por hectárea con 2 plántulas (tallos) en cada punto. Para los esquejes las densidades varían de 60 000 a 80 000 puntos de siembra por hectárea con un esqueje por punto. A altas densidades se debe elegir un espaciamiento más rectangular reduciendo la distancia entre hileras simples en vez de reducir la distancia del trasplante dentro de las hileras. Una mejor rectangularidad se obtiene también sembrando en hileras dobles o en camas de campo.

**Estrés por trasplante.** El crecimiento de la planta se detiene después del trasplante. La reiniciación del crecimiento depende enormemente de la capacidad de las plántulas para regenerar su sistema radicular así como para absorber el agua y los nutrientes. Los siguientes factores influyen en la severidad del estrés por trasplante:

- la condición fisiológica de las plántulas o el grado de inducción para la tuberización;
- estado de nutrición y reservas de la plántula;
- propiedades del medio ambiente al que han sido transferidas las plántulas tales como tipo de suelo, contenido de humedad del mismo y temperatura del aire y del suelo.

---

El estrés por el cambio de las plántulas de un área de almácigo bien protegida al campo puede reducirse de la manera siguiente:

- trasplantar con las raíces cubiertas con el sustrato del almácigo o emplear macetas;
- promover el endurecimiento, exponiendo las plántulas provenientes de semilla y los esquejes a la acción directa de la luz solar por varios días antes del trasplante;
- preparar el suelo de manera que no tenga terrones ni malezas;
- trasplantar en suelo húmedo, preferible en las últimas horas de la tarde;
- regar después del trasplante para asegurar buen contacto entre las raíces y el suelo;
- trasplantar en un campo con un cultivo ya establecido de maíz que pueda ser cosechado 2 o 3 semanas después del trasplante de la papa (cultivo de relevo). El cultivo de maíz proporciona sombra y reduce así la temperatura del suelo y del aire, y mantiene la humedad del suelo;
- mantener la humedad del suelo con riego frecuente;
- poner cobertura protectora para mantener constante la humedad y la temperatura.

**Enfermedades.** Los trasplantes, especialmente los de plántulas de semilla son susceptibles a los hongos del suelo (Pythium, Fusarium, Sclerotium, Rhizoctonia, etc) que causan la enfermedad de los almácigos (damping-off) al poco tiempo del trasplante. Los fungicidas como el Ridomil pueden aplicarse al momento del trasplante. Rhizoctonia puede también causar alta mortalidad de las plantas después del trasplante y después del aporque. La aplicación de Rizolex a la zona de la raíz en el trasplante o al suelo alrededor de la base del tallo en el aporque, es efectiva.

---

**Aporque.** El aporque se emplea con varios propósitos:

- control de malezas. Los herbicidas pueden causar daños a las plántulas y esquejes;
- proporciona mejor aereación en la zona de las raíces, crea condiciones para el mejor desarrollo del tubérculo, previene el verdeo (importante para los esquejes) y reduce las deformaciones de los tubérculos porque el contenido de humedad del suelo y la temperatura son más estables;
- evita la erosión de los camellones y facilita la cosecha;
- evita que los estolones salgan al aire y así aumenta la formación de tubérculos.

**Rendimiento.** Los experimentos del CIP han mostrado que bajo ciertas condiciones de clima cálido, los rendimientos de los esquejes y plántulas de semilla son similares a los rendimientos obtenidos de cultivos provenientes de buena calidad de tubérculos-semillas. El número de tubérculos es mayor en los trasplantes de semilla, intermedio con los tubérculos-semillas y más bajo para los esquejes enraizados; estando en orden opuesto el tamaño de los tubérculos. Los problemas más limitantes del rendimiento de los esquejes o plántulas de semilla son:

- la condición fisiológica de los esquejes que se desarrollan en días cortos puede originar tuberización temprana, desarrollo limitado del follaje y bajos rendimientos;
- los trasplantes de plántulas de semilla tienen tallos delgados, son delicados para manejarlos y susceptibles a las enfermedades producidas por contacto con el suelo, tales como Rhizoctonia, que puede causar alta mortalidad y por lo tanto disminución de las plantas y bajos rendimientos.

---

## 12 MATERIAL DE SIEMBRA Y SU SISTEMA DE UTILIZACION

---

La elección del material de siembra más promisorio y la utilización del programa son específicos del lugar y de la situación. Se pueden considerar los siguientes criterios en el proceso de selección del material de siembra y del programa de utilización para una determinada localidad:

- a La capacidad agronómica potencial, los problemas inherentes de los materiales de siembra potencialmente útiles y el empleo de programas basados en las experiencias de otros lugares.
  - b La importancia de la eficiencia frente a la rusticidad, considerando la eficiencia como el número de esquejes por planta madre; a la relación de multiplicación para el caso de producción de semilla y la rusticidad referida como supervivencia en camas o en el campo bajo condiciones inferiores a las óptimas.
  - c La duración y el número de períodos adecuados de cultivo de papa, en cuanto a temperaturas y distribución de lluvia. Los períodos completos de cultivo, desde la siembra de la semilla o de la planta madre hasta la cosecha de la papa de consumo son:
    - producción directa para consumo a partir de trasplantes de semilla en el campo: un período, 110 días;
    - producción directa de papa para consumo a partir de esquejes de brote o tallo lateral: un período, 140 días;
    - trasplante al campo de esquejes de tallo juvenil o esquejes apicales, producidos en cama de almácigos de alta densidad: hasta un año;
-

- 
- siembra de tubérculos provenientes de esquejes o de semilla producidos fuera de temporada: un período, 70 días: la duración del período de producción de semilla fuera de temporada varía de 110 días a un año y aumenta en el siguiente orden: semilla, esquejes de tallo lateral, esquejes de tallo juvenil o apicales.
  
  - c La duración y número de períodos de cultivo disponibles conforme al sistema de cultivo que usan los agricultores, plan de rotación, etc.
  
  - d Costo y disponibilidad del material inicial requerido: tubérculos-semillas limpios, semilla, material in-vitro.
  
  - e Tipo de finca: intensidad del uso de la tierra, tamaño de la finca, producción orientada al mercado o principalmente cultivo de subsistencia.
  
  - f Requerimientos del mercado para papa de consumo: tamaño, uniformidad de color y forma, etc.
  
  - g Disponibilidad de los insumos necesarios además del material de siembra inicial, tales como hormonas, electricidad para aumentar la duración del día, pesticidas, irrigación, y mano de obra.
  
  - h Disposición del agricultor para mantener un cultivo sólo para semilla.
  
  - i Disponibilidad de almacenes necesarios en el caso de producción de tubérculos-semillas en camas de almácigo fuera de temporada.
-

---

### 13 BIBLIOGRAFIA

---

- Accatino, P.; Malagamba, P. 1982. Potato production from true seed. International Potato Center, Lima, Peru. 22 p.
- Bryan, J.E. 1981. Selección clonal en producción de semilla de papa. Boletín de Información Técnica 12. 15 p.
- Bryan, J.E.; Jackson, M.T.; Meléndez, N. 1981. Técnicas de multiplicación rápida de papa. 20 p.
- Bryan, J.E. 1983. Parcela de semilla de papa: Técnica al alcance del agricultor. Boletín de Información Técnica 7. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 13 p.
- Cortbaoui, R. 1984. Descarte de plantas de papa. Boletín de Información Técnica 5. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 13 p.
- Malagamba, J.P. 1983. Evaluación de tecnología agronómica para producción de papa a partir de semilla botánica. Serie de Evaluación de Tecnología. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 20 p.
- Rowell, A.B. 1986. Comparative field performance of potatoes from seedlings and tubers. American Potato Journal 63: 219-227 p.
- Wiersema, S.G. et al. 1987. Rapid seed multiplication by planting into beds micro tubers and in vitro plants. Potato Research 30: 117-120 p.

---

Wiersema, S.G. 1986. A method of producing seed tubers from true potato seed. *Potato Research* 29: 225-237 p.

Wiersema, S.G. 1983. Evaluación de tecnología para la producción de tubérculos-semilla de semilla botánica de papa. *Serie de Evaluación de Tecnología*. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 14 p.