



**PROMOCIÓN E INVESTIGACIÓN DE PRODUCTOS ANDINOS
PROYECTO DE MEJORAMIENTO PARTICIPATIVO**



**MANUAL TÉCNICO DE MEJORAMIENTO
PARTICIPATIVO PARA OBTENER
NUEVAS VARIEDADES DE PAPA**

Julio L. Gabriel, Jaime Herbas, Magaly Salazar, Graham Thiele

CONTENIDO

Glosario

1. ¿Por qué mejorar nuestra papa?
2. Población
3. Variabilidad
4. Herencia
6. Reproducción en la papa
 - 6.1. Sexo de la papa
7. Recolección y conservación de polen
 - 7.1. Esterilidad masculina
 - 7.2. Determinación de la fertilidad del polen
 - 7.3. Métodos de tinción de polen
8. Floración
9. Inducción y mantenimiento de la floración
 - 9.1. Método del ladrillo
 - 9.2. Método de la botella
 - 9.3. Método en campo
10. Manejo del cruzamiento
11. Procesamiento de bayas y almacenamiento de semilla sexual
 - 11.1. Siembra de la semilla sexual
12. Multiplicación de tuberculillos
13. Transplante directo a campo
14. Evaluación y selección
15. En almaciguera
 - 15.1. A la floración
 - 15.2. A la cosecha

Presentación

En los últimos 20 años, la experiencia nos ha enseñado que muchas veces la tecnología moderna no está adaptada a las condiciones de los países en desarrollo. También aprendimos que el conocimiento local tiene un gran valor y potencial que pueden ser aprovechados en favor del desarrollo tecnológico.

En el caso particular del fitomejoramiento, gracias a la tecnología actual, se han obtenido variedades modernas de los cultivos alimenticios más importantes; estas variedades han tenido mucho éxito en zonas con buenas condiciones para la producción agrícola. En dichas zonas, generalmente los agricultores destinan toda su producción para el mercado, por lo cual la característica de mayor importancia para ellos, es el rendimiento.

Sin embargo, las nuevas variedades de papa que se han generado, no tienen tanto éxito en las áreas menos favorecidas para la producción agrícola. En estas zonas caracterizadas como marginales y heterogéneas, predomina el uso de variedades locales de papa y debemos reconocer que el beneficio para los agricultores no ha sido muy grande.

Con estos antecedentes, el Fitomejoramiento Participativo (FP) ha sido propuesto como una estrategia alternativa y complementaria que pretende servir tanto a técnicos transferencistas como a facilitadores - promotores, en la conservación de la diversidad de variedades de papa. El FP permite que los agricultores y fitomejoradores trabajen mutuamente en la capacitación sobre técnicas de mejoramiento genético que le permitirán al agricultor modificar las características indeseables de sus variedades locales de papa, aumentar el rendimiento y adoptarlas más rápidamente.

El éxito del FP dependerá de que los pequeños agricultores - mejoradores se apropien de los conocimientos y tecnologías propuestas. Además permite la participación activa de las mujeres – investigadoras, que descubren sus habilidades creativas para generar nuevas variedades "ideotipos de papa", aprovechando sus conocimientos locales.

Este manual de Fitomejoramiento Participativo presenta los conceptos y técnicas básicas del fitomejoramiento de papa, como una guía para mejorar su producción.

Este documento, así como la experiencia ganada a través de dos años de ejecución del Proyecto de Mejoramiento Participativo, se dieron gracias al financiamiento del Programa de Investigación Participativa y Análisis de Género (CGIAR - PRGA).

Julio L. Gabriel
Lider Proyecto MIP-Tizón
Fundación PROINPA

Antonio Gandarillas
Gerente General
Fundación PROINPA

GLOSARIO

Baya.- Nombre común de diversos frutos carnosos y jugosos.

Característica.- Marca particular mediante la cual se puede distinguir un ser o una colección de seres.

Carpelo.-Cada una de las hojas que componen el cáliz de una flor.

Cama orgánica.- Invernadero rústico, construido en base a materiales locales (adobe, piedra, paja), que se utiliza para la producción de papa y otros cultivos, en zonas donde existe heladas frecuentes.

Cruzamiento.- Unión sexual, natural o artificial de genotipos, variedades, especies o géneros distintos.

Dormancia.- Período de reposo de la semilla, que abarca desde la cosecha hasta el inicio de la brotación.

Estambres.- Componen cada uno de los órganos que contienen los sacos donde se almacena el polen.

Esterilidad.- Incapacidad de un individuo para producir descendencia, total o parcialmente.

Estolón.- Brote lateral más o menos delgado que nace de la base de los tallos y que, enraizando y muriendo en las proporciones intermedias engendra nuevos individuos y propaga vegetativamente la planta.

Genotipo.- Conjunto de factores hereditarios que regulan en conjunto las normas de reacción del organismo ante el mundo exterior.

Herencia.- Paso del patrimonio de factores hereditarios de una generación a la siguiente.

Mucilaginoso.- Que contiene mucílago o que posee sus cualidades.

Mutación.- Cambio brusco y hereditario de caracteres cualitativos (color y forma).

Tetraploide.- Se aplica a los organismos que tienen cuatro juegos de cromosomas.

1. ¿Por qué es necesario mejorar nuestra papa?

La papa es un cultivo muy importante para nuestra alimentación diaria y para la economía de nuestras familias; sin embargo, por diferentes razones como el ataque de enfermedades, insectos, nematodos, heladas, sequías, mala semilla, etc., este tubérculo tiene muchos problemas de producción.

Por esto, es necesario desarrollar variedades mejor adaptadas a las condiciones locales y climáticas de cada zona papera del país; además que tengan mayor resistencia a las principales enfermedades que la afectan, con rendimientos más altos de los que tenemos ahora, de buena calidad para el consumo tanto en fresco como en procesado y que permita ofrecer a nuestras familias, mejores niveles de alimentación y se pueda vender papa con mejor calidad a los mercados locales y regionales.

2. Población

Una población genética se define como un grupo de individuos que comparten caracteres genéticos. En consecuencia, entre dichos individuos existen relaciones de caracteres que confieren a la población características propias que la hacen diferente de otras (Fig. 1). Así por ejemplo, la población de papas andígenas como de Waych'a, Imilla Negra, Imilla Blanca, Sani Imilla, Gendarme, etc. son diferentes de las papas como Desirée, Alpha, las qoyllus y las papas amargas.



Fig. 1. Población de papas andígenas

(Foto: Julio L. Gabriel)

3. Variabilidad.

La variabilidad se entiende como la diversidad genética dentro de una población (Fig. 2); la cual es amplia.

Los caracteres se combinan al azar y existe un equilibrio genético en la población. Esta variabilidad no cambia, sino cuando existe selección, cambios espontáneos (mutación) y flujo de recetas.

A la diferencia en altura de planta, número de tallos, tamaño de tubérculo, color de la piel, color de la carne, número de tubérculos, el rendimiento, resistencia a enfermedades, se conoce como variabilidad.



Fig. 2. Variabilidad en papa

(Foto: Juan Almanza)

Todo mejoramiento de plantas está basado en la variabilidad del cultivo con el cual se trabaja. Si existe una amplia variabilidad se incrementan las posibilidades de mezclar las recetas que resultan en nuevas líneas o variedades poseedoras del juego de características deseables. Si la variabilidad es pobre, las posibilidades para obtener nuevas combinaciones son consecuentemente limitadas. En el peor de los casos, el constante uso de una población sin variabilidad genética resulta en plantas enfermas y deformes.

4. Herencia.

Las características similares que obtiene un hijo para llegar a parecerse a sus padres y parientes como a sus tíos y abuelos se llama herencia.

Lo que los padres heredan a sus hijos, son caracteres que sirven para tener el mismo color de ojos, cabellos, la misma sangre. En cambio en la papa, el mismo color de tubérculo, la misma forma, el mismo número de tallos, la misma altura y el mismo número de tubérculos.

5. Característica.

Es aquello que hace que nos parezcamos o diferenciamos de otras personas, por ejemplo el color de los ojos, color de la piel, la estatura y el color de los cabellos. En las plantas de papa, también se pueden observar que poseen características, como ser la altura de la planta, la forma, el color del tubérculo y el color de la pulpa, son características que diferencian una variedad de la otra.

Para cada característica, la planta de papa posee dos caracteres, una que viene del padre y otra que viene de la madre. Es decir, que el padre aporta con un 50% de las características de su receta (polen) y la madre contribuye con los otros 50% de las características de su receta a los hijos (óvulo). Por ejemplo, para que una papa tenga el color rojo debe heredar estas características de sus padres; la mitad de su papá y la otra mitad de su mamá.

Algunas veces la receta del padre domina al de la madre y otras, domina la receta de la madre. Así por ejemplo, cuando el padre tiene el cabello negro y la madre color café, los hijos nacen con el cabello negro. Es el caso de las plantas de papa, cuando el padre tiene los tubérculos alargados y la madre tiene los tubérculos redondos, entonces los

hijos tendrán tubérculos alargados. Pero puede ocurrir también lo contrario, si la receta de la madre es la que domina, los hijos tendrán tubérculos redondos.

También existen casos, en el que ninguno domina y la característica resulta ser una mezcla de los dos. Esto sucede cuando se cruza una planta alta con una baja, los hijos tienen tamaño intermedio.

Existen ciertas características de la papa que son más fáciles que los padres las hereden a sus hijos. La forma del tubérculo, color del tubérculo y resistencia a la verruga son ejemplos de caracteres que se heredan fácilmente. En cambio, el alto rendimiento, la resistencia al tizón (t'octu), la tolerancia a la sequía y a las heladas, son características más difíciles de heredar debido a que son mucho más complejas.

En el caso de la papa, cada tubérculo lleva un grupo de recetas para hacer una planta de papa igual al tubérculo-madre.

6. Reproducción en la papa.

Para iniciar el mejoramiento es fundamental entender cómo se reproduce la papa, utilizando las técnicas que describe este manual. En esta parte, aprenderemos cómo es el sexo de la papa, cómo se producen los granos y porqué algunas veces no se producen granos.

La papa, al igual que las personas también poseen órganos sexuales masculino y femenino. Pero a diferencia de los seres humanos, los tiene en la misma planta, en la flor que es un conjunto de órganos reproductivos dispuestas sobre un eje (Fig. 3).

El órgano no reproductivo es la corola y los órganos reproductivos son los estambres, que constituyen el macho (androceo) y los carpelos la hembra (gineceo).

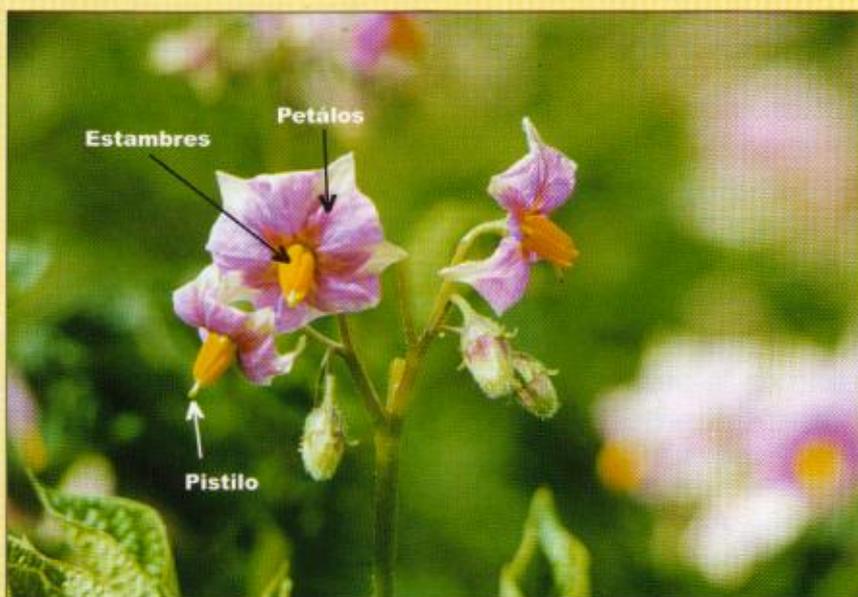


Fig. 3. Órganos reproductivos de la flor de papa

(Foto: Oscar Navia)

6.1. Sexo de la papa.

En la flor, generalmente los estambres son de color anaranjado a amarillo; en cambio, el carpelo es de color verde pálido a verde oscuro. Esto depende de la especie de papa. El color de la corola es variable y va de blanco a violeta (Fig. 3).

Las anteras generalmente eliminan polen espontáneamente, cuando el polen ya está maduro, a través de un orificio muy pequeño que se forma en la punta o al costado de las anteras (Fig. 3).

El **carpelo** tiene una prolongación que se llama **estigma**, el mismo proporciona un ambiente adecuado para la germinación de los granos de polen.

En mejoramiento de la papa, ambos órganos pueden utilizarse de manera independiente, según la necesidad de que una planta sea utilizada como macho o como hembra. Es conveniente, que plantas que tienen poca fertilidad de polen, se las utilice como hembras, tal es el caso de la variedad Runa Toralapa.

7. Recolección y conservación de polen.

A veces no es posible lograr que las papas coincidan en la floración para hacer los cruzamientos. Sin embargo, esto se puede solucionar guardando el polen en unas cápsulas de gelatina o en frascos pequeños. Se debe guardar el polen, en un ambiente seco y a baja temperatura, aproximadamente 5°C en refrigerador. Es bajo estas condiciones, que se puede asegurar la fertilidad del polen por dos a seis meses.

Realizando esta práctica, se puede ayudar en los siguientes aspectos:

- Aumentar las posibilidades de cruzamiento entre padres con floración no-sincronizada (que no florecen al mismo tiempo).
- Los cruzamientos pueden ser originados entre variedades de diferentes partes del mundo. Se reduce el peligro de transferencia de patógenos.

7.1. Esterilidad masculina.

La esterilidad masculina se da en el momento cuando las plantas no pueden producir o liberar polen fértil. Es muy útil conocer el progenitor masculino (padre) para asegurar el éxito de la polinización. Si una variedad no puede producir polen fértil, no sirve como progenitor masculino, pero sí servirá como progenitor femenino (madre).

La esterilidad masculina es más común en los cultivares de tipo *tuberosum* como Desirée, Alpha, Runa Toralapa, etc.

Algunas veces, la esterilidad masculina puede ser provocada por condiciones climáticas, como bajas temperaturas, baja intensidad de luz y otras condiciones ambientales.

8. Floración.

La mayoría de las papas, florecen en épocas donde los días son largos.

Típicamente las papas nativas como Waych'a, Imilla Negra, Gendarme, Sani Imilla, Imilla Blanca, etc. florecen en días largos y cortos. Las variedades como Alpha, Desirée, Americana y otras de tipo holandesa y americana no florecen en días cortos.

Las variedades muy precoces, raramente florecen bajo cualquier condición y si lo hacen es por un periodo muy reducido.

9. Inducción y mantenimiento de la floración.

9.1. Método de la botella.



Fig. 5. Método de la botella

(Foto: Jaime Herbas)

Esta técnica consiste en cortar ramas con flores de 30 a 40 cm. de largo. Cuando las primeras flores se abren, se las coloca en botellas con agua; cambiando cada dos semanas el agua o bien adicionar unas tres gotas de alguna bactericida de verduras como DG6 para evitar la contaminación y pudrición de tallos, aunque no es estrictamente necesario (Fig. 5).

No es necesaria la aplicación de soluciones nutritivas para la conservación de la planta, pero, la aplicación de fertilizantes foliares al follaje son beneficiosos para mantener el buen estado del follaje en las botellas.

La cantidad de semilla obtenida es menor y por lo tanto, este método es el menos exitoso cuando la temperatura es muy intensa.

9.2. Método del ladrillo.

Este método consiste en colocar los tubérculos sobre ladrillos en camas orgánicas y se les entierra superficialmente.

Se lava el suelo que cubre la base de la planta con un chorro de agua, para exponer al aire los estolones emergidos o los pequeños tubérculos, teniendo cuidado de no romper las raíces que han penetrado al ladrillo y las que están a su alrededor; luego se eliminan los estolones que son los sitios donde nacen los tubérculos.

De esta manera se puede lograr unos tres a cuatro meses de floración continua.

El método sirve para inducir a la planta a que permanezca en floración el mayor tiempo posible y que no cambie rápidamente su desarrollo, de la fase vegetativa y floración, a la fase de tuberización y vejez.

9.3. Método de campo.

Podemos sembrar en campo las plantas progenitoras (padres) que queremos cruzar. Si una de las variedades es más tardía que la otra; es aconsejable que se siembre antes que las semiprecoces o precoces. Así por ejemplo, la Runa Toralapa, Robusta, India,

pueden ser sembradas unas dos semanas antes que Waych'a, Gendarme o Sani Imilla.



Fig. 6. Progenitores y cruzamientos en campo

(Foto: Julio Gabriel)

Durante el desarrollo del cultivo, se debe cuidar la sanidad de las plantas, por lo que es necesario hacer algún tratamiento con insecticidas y fungicidas.

Durante la floración es mejor no hacer ningún tratamiento para no quemar los órganos reproductivos de las flores.

10. Manejo del cruzamiento.

Para que el cruzamiento sea exitoso, el polen fértil debe ser colocado sobre el órgano femenino (estigma). El primer paso es colocar el polen sobre el estigma. Para ésto se puede utilizar una aguja de disección algo gruesa, o bien una tapa de colino, donde se puede colectar el polen para untar o sopar luego el estigma (Fig. 8).

Debemos fijarnos que la flor donde se está colocando el polen, no haya eliminado polen de los órganos masculinos (anteras). Esto puede detectarse observando si los bordes de las puntas de las anteras son de color café negrusco, si es ese el caso, entonces no utilizar esa flor para polinizar, debido a que si



Fig.8 Cruzamiento en papa

(Foto: Jaime Herbas)

hay formación de baya no se sabe si es autofecundación o producto del cruzamiento que se ha hecho.

También se puede realizar el cruzamiento utilizando flores que todavía no estén abiertas por completo (flores que están próximas a abrirse). Generalmente la polinización se realiza en la mañana antes de las 10:00 a.m., pero, si los días son muy calurosos, la polinización se la puede hacer en la tarde.

Los cruzamientos se deben realizar en las ramas que tienen al menos tres flores abiertas en las flores que ya han eliminado polen, así como

en los botones pequeños deben ser eliminados. Los botones grandes que aún están cerrados se los puede abrir con una pinza de disección para hacer la polinización.



Fig. 9. Fijado de mak'unkos

(Foto: Julio Gabriel)

11. Obtención de semilla de baya y almacenamiento.

El éxito de un cruzamiento se observa cuando el tallito que sostiene a la flor, muestra un pronunciado crecimiento y se dobla hacia abajo en el lapso de 2 a 4 días después de haber hecho el cruzamiento.

El desarrollo de los frutos (mak'unkus) es el signo más seguro. Después de 25 a 45 días, según la especie, los frutos estarán en estado óptimo de cosecha.



Fig. 10. Extracción de semilla botánica a partir de baya

(Foto: Jaime Herbas)

A medida que van llegando a la madurez, los frutos tienden a desprenderse de las plantas, por lo cual se recomienda envolver los frutos de la planta, en una gasa o en mallas delgadas de plástico.

Los frutos cosechados, se almacenan en bolsas de

papel en un ambiente caliente por más o menos un mes o hasta que los frutos estén blandos y tengan un olor dulzón característico. Esto es muy importante porque así la semilla es más fácilmente extraída de su cubierta mucilaginosa y también el proceso de ablandamiento permite la iniciación de la ruptura de la dormancia de la semilla. La semilla se separa de la parte carnosa del fruto mediante el lavado.

Después del secado de la semilla, se efectúa el limpiado para proceder a su almacenamiento en sobres pequeños.

11.1. Siembra de la semilla sexual.

Podemos utilizar como sustrato, una mezcla de dos partes de musgo, una parte de arena y otra de tierra; esta mezcla se distribuye en pequeñas almacigueras formando una capa de más o menos 5 cm. de espesor (Fig. 11).

Si no fuera posible conseguir esta mezcla, se puede utilizar lama (limo) de río. Lo importante es que el sustrato sea liviano y no se compacte con el riego. Antes de la siembra, la semilla sexual debe ser tratada con ácido giberélico

a 1500 ppm (1 g/l de agua), durante 24 horas para romper el periodo de dormancia, acelerar y uniformizar la germinación de las plántulas; también podemos dejar la semilla sexual en reposo por al menos dos meses. La siembra se realiza en surcos colocando la semilla a 1 cm. de profundidad, con unas 25 semillas por surco de 30 cm.



Fig. 11 Siembra de semilla sexual en almacigueras

(Foto: Jaime Herbas)

12. Multiplicación de tuberculillos.

Una vez que las plántulas germinan, se debe regar al menos dos veces al día para que el sustrato siempre esté húmedo y las plántulas no sufran sequía.

Cuando las plántulas tengan 10 cm. de altura o al menos cuatro hojitas, se debe transplantar a una cama orgánica preparada para tal fin, previo una selección por vigor de las plantitas (Fig. 11). En este almácigo más grande se pueden producir tuberculillos sanos de buena calidad y buen tamaño, para que en la siguiente campaña agrícola pueda llevarse al campo los tubérculos y comenzar a realizar las evaluaciones y selecciones en campo por sanidad y vigor de plantas en follaje, así como por rendimiento y número de tubérculos en la cosecha.

13. Transplante a campo.

También es posible que de los primeros almácigos se pueda transplantar directamente a campo (Fig. 12).

Para hacer ésto, requerimos una buena preparación de suelo y los surcos deben estar ya hechos.

El transplante debemos hacerlo preferiblemente en horas de la tarde. Al terminar el transplante se debe regar ligeramente para que posteriormente podamos hacer los refallados tan pronto como veamos que algunas plantas hayan muerto. Una vez que las plantitas han prendido y comienzan a crecer, tenemos que seguir con todas las labores de cualquier cultivo de papa.

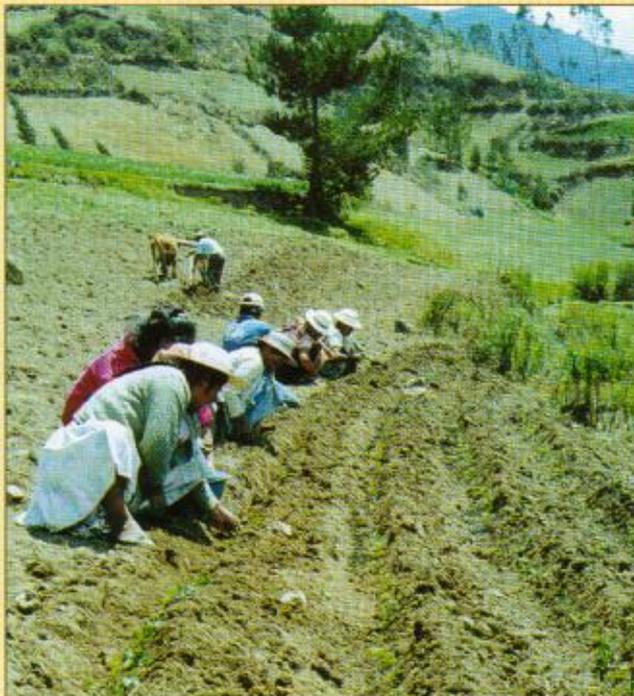


Fig. 12 transplante de plántulas a campo

(Foto: Jaime Herbas)

14. Evaluación y selección.

Debemos realizar evaluaciones del material transplantado a la almaciguera, en la floración así como en la cosecha. En estas evaluaciones, se irá descartando material hasta llegar a un número pequeño de plantas. El siguiente esquema muestra las evaluaciones y selecciones de material proveniente de mejoramiento y el porcentaje de descarte en cada una de las etapas.

15. Evaluación en la almaciguera.

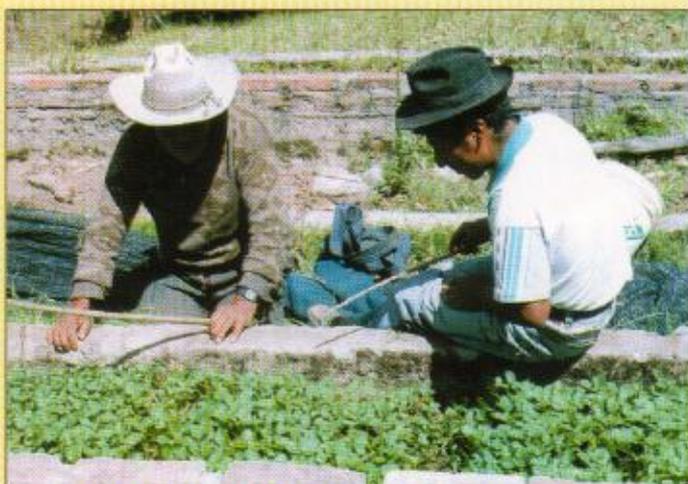


Fig. 13 Evaluación de plántulas en almaciguera

(Foto: Jaime Herbas)

Antes de realizar el transplante de las plantas al campo, se evalúan las plántulas y se seleccionarán para el transplante, sólo aquellas que se vean sanas y vivas, el resto serán descartadas. (fig. 13).

Fotografía Tapa: Jaime Herbas

Producción: Miguel García

Tiraje: 1.000 ejemplares

Oficina Central Cochabamba:

Av. Blanco Galindo Km. 12.5, calle C. Prado s/n

Telfs.: 360800 - 360801

Fax: 360802 • Casilla 4285

E-mail: proinpa@proinpa.org

Web: www.proinpa.org

LA PAZ: *Telf./Fax: 416966 • E-mail: proinpa@proinpalp.org*

POTOSI: *Telf./Fax: 23764 • E-mail: proinpt@cedro.pts.entelnet.bo*

SUCRE: *Telf.: 06451247 • Fax: 06912905*

• E-mail: propachs@mara.scr.entelnet.bo

SANTA CRUZ: *Telf./Fax: 03 - 862051 • E-mail: comarapa@ciatbo.org*

TARIJA: *Telf./Fax: 06643950 • E-mail: ibtatja@olivo.tja.entelnet.bo*