

Capítulo VII

Tubérculos - Semilla

Glicerio López¹

Introducción

La sierra central del Perú constituye la principal zona productora de ulluco en el Perú, pues participa con el 35 % de la producción nacional y registra el promedio más alto de rendimiento (7.2 t/ha). Referido a la producción departamental, Junín participa con el 49 % de la producción regional que representa el 18 % de la producción nacional. El promedio de rendimiento es 7.8 t/ha, superado por Huánuco (8.1 t/ha), que señala su importancia en el abastecimiento de ulluco al mercado nacional (Cuadro 1 y Figura 1) (Mamani, 1999).

En el Cuadro 2, se observa que la tasa de crecimiento anual de la producción es de 5.9 %. Ello se debe al crecimiento anual de la superficie cosechada (10.7 %), sin embargo, la tasa de crecimiento anual del rendimiento por unidad de área es -4.8 %, lo cual indica la necesidad de mejorar la productividad del cultivo. El uso de tubérculos-semilla de alta calidad es una forma de lograr una tasa de crecimiento positiva del rendimiento por hectárea.

De la sistematización de experiencias e investigaciones sobre la influencia de la calidad de semilla en la productividad de los cultivos altoandinos (papa, ulluco, oca, quinua y kañiwa), en la zona altoandina de Puno se deduce que: con la calidad de semilla es posible incrementar y asegurar la productividad de los cultivos entre 25 a 100 por ciento, según la especie y la variedad (Canahua, 1994).

No obstante ser un cultivo bien adaptado a las condiciones adversas de los Andes, la infección de los virus en los Bancos de Germoplasma hasta en 80 % de

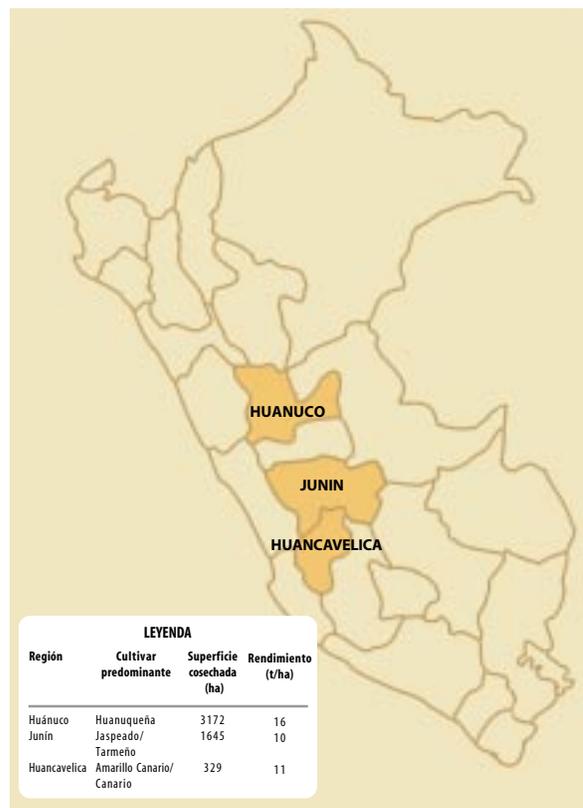


Figura 1. Distribución de la superficie cosechada y producción por departamento en la sierra central del Perú.

las muestras se convierte en un problema particularmente grave, recomendándose con urgencia su erradicación en las variedades comerciales y material genético seleccionado (Arbizu y Tapia, 1992).

La descripción del problema y la solución propuesta se describe a continuación.

¹ Ing. Agrónomo. Profesor Principal. E-mail: glicerio_lopez@yahoo.com. Universidad Nacional del Centro del Perú. Calle Real 160, Huancayo, Perú.

Producción de tubérculos-semilla mediante selección positiva

La producción de tubérculos-semilla sanos por selección positiva se basa en una rigurosa selección clonal, que se inicia en la chacra señalando aquellas plantas más robustas, de buen tamaño, color oscuro, hojas grandes y desarrollo normal (Garay, 1987).

Es recomendable hacer el marcado cuando las plantas están aún pequeñas y es posible distinguir los síntomas de las enfermedades causadas por virus, al estar aún separadas y poder juzgar su vigor. Asimismo, se considera la sanidad externa de los tubérculos-semilla y sus caracteres genéticos y agronómicos, que permiten la selección de los tubérculos de mejor calidad. Los tubérculos seleccionados de la planta marcada representan un clon, el cual es genéticamente uniforme, se multiplican por separado en un mismo surco y están

constituidos por toda la descendencia de cada tubérculo a través de todas las multiplicaciones, siempre y cuando se mantenga su identidad.

La técnica es sencilla y puede ser practicada sin dificultad por los agricultores semilleros.

Procedimiento de la selección positiva

Consiste en la selección inicial (marcado) de plantas sanas, robustas, representativas de la variedad y de la más alta productividad; los tubérculos cosechados deben ser sanos y bien conformados. Todos los tubérculos obtenidos de una planta seleccionada se mantienen juntos e identificados en una bolsa y luego, en la siguiente estación de siembra, estos son multiplicados individualmente en un mismo surco. Si una o más plantas (generalmente 10 plantas) del clon seleccionado muestra algún síntoma de virus o características no deseables, entonces todo el clon (las 10 plantas) se elimina. Si todas las plantas del clon están sanas y poseen buenas características, entonces se mantienen hasta la cosecha. Todos los tubérculos cosechados pueden multiplicarse manteniendo la identificación clonal o en conjunto y representan la semilla "básica" que debe ser multiplicada practicando la erradicación de las plantas enfermas o indeseables.

La selección clonal es un método valioso en los programas de mejoramiento para la identificación de materiales sobresalientes dentro de un mismo cultivar. En el Cuadro 3 se muestra los resultados obtenidos con la selección clonal 1 del cv. Jaspeado que rindió 1.150 kg por planta y que fue nominado para proceder a la erradicación de virus y el eventual establecimiento de un programa formal de producción de tubérculos-semilla de alta calidad. Garay (1995), describe que en la

Cuadro 1. Producción de ulluco en los principales departamentos productores. Año 1999

Departamento	Superficie cosechada		Producción		Rendimiento
	ha	%	t	%	t/ha
Junín	3,057	12.6	23,859	18.1	7.805
Huánuco	2,609	10.7	21,182	16.1	8.119
Cajamarca	3,962	16.3	18,075	13.7	4.562
Cusco	2,779	11.4	16,558	12.6	5.958
Perú	24,287		131,497		5.414

Fuente: MINAG-OIA, 1999.

Cuadro 2. Evolución de la producción de ulluco en el departamento de Junín, Perú

Año	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (kg/ha)	VBP* en Soles constantes	Precio en chacra (S/.)	Precip. Anual (mm)	Temp. Anual (°C)	H.R. Anual (%)
1994	1,968	15,885	8,072	330.5	0.32	772.6	13	31.4
1995	1,850	12,546	6,782	261.0	0.54	590.8	12	33.2
1996	3,054	21,522	7,047	447.8	0.54	541.1	12	31.8
1997	2,719	17,318	6,369	360.3	0.48	619.6	13	32.4
1998	2,771	18,193	6,565	378.5	0.58	630.9	11	32.7
Tasa de crecimiento anual (%)								
	10.7	5.9	- 4.8	5.9				

* Valor Bruto de la producción

Fuente: Mamani, 1999.

selección de cultivares de ulluco, eligieron Picado de Pulga intenso (syn. = Jaspeado o Tarmeño), Picado de Pulga ralo (syn. = Jaspeado o Tarmeño), Amarillo Canario, Zanahoria, Guindo Falcado y Huanuqueña, sobre la base de las preferencias del agricultor; el manejo agronómico practicado se basó en las prácticas cotidianas del agricultor (Cuadro 4). El proceso se inició en los campos de agricultores en la comunidad de La Libertad y distrito de Pazos. En los pasos siguientes se introdujo modificaciones a los criterios establecidos, con el objetivo de adaptar la metodología a la práctica del agricultor (Figura 2).

Resultados de la selección positiva

El rendimiento del cultivo (kg/planta), a partir de la metodología de selección positiva, es superior al promedio nacional y regional (Cuadro 5) (Garay, 1995).

De todos los cultivares seleccionados: Picado de Pulga intenso, Picado de Pulga ralo, Guindo Falcado, Huanuqueña, Amarillo Canario y Zanahoria; el que predomina es el Picado de Pulga intenso (90 %). El cultivar indicado se adapta bien a condiciones de bajas temperaturas, es preferido por los agricultores, tiene buena aceptación en el mercado y predomina en el departamento de Junín.

Cuadro 3. Diferencias de rendimiento de selecciones clonales en cultivares priorizados¹, después de la selección positiva. Concepción, Junín, Perú. Campaña Agrícola 1993-94

Selecciones clonales	Rendimiento	cv. Jaspeado	cv. Picado de pulga	cv. Tarmeña-redonda
1	kg/planta	1.150	1.050	0.630
	Nº de tub./planta	156	140	76
	Nº tubérculos seleccionados	80	20	20
2	kg/planta	0.600	1.100	0.500
	Nº de tub./planta	79	116	51
	Nº tubérculos seleccionados	55	20	19
3	kg/planta	0.760	0.900	0.600
	Nº de tub./planta	60	76	86
	Nº tubérculos seleccionados	38	20	21

¹ Cultivares priorizados basado en consideraciones de coloración, cocción, sabor, opinión del agricultor y demanda del mercado.

Cuadro 4. Prácticas agronómicas del cultivo del ulluco en tres lugares. Campañas Agrícolas 1993-94 y 1994-95

Prácticas agronómicas	Lugares		
	La Libertad 1 (Junín)	La Libertad 2 (Junín)	Pazos (Huancavelica)
Suelo	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco arcilloso
pH	4.0	4.0	5.2
Periodo de siembra ¹	Agosto-Setiembre	Agosto-Setiembre	Agosto-Setiembre
N-P-K/ha	330-100-100	330-100-100	100-80-80
Materia Orgánica	5.0 t/ha	5.0 t/ha	6.5g t/ha
Densidad:			
Distancia entre surcos	0.75 – 0.80 m	0.75 – 0.80 m	0.70 – 0.80 m
Distancia entre plantas	0.35 – 0.40 m	0.35 – 0.40 m	0.35 – 0.40 m
Control fitosanitario	Contra gorgojo	Contra gorgojo	Ninguno
Abono Foliar	02 aplicaciones	02 aplicaciones	01 aplicación

¹ Óptimo, primera quincena del mes de setiembre.

Fuente: Garay, 1995.

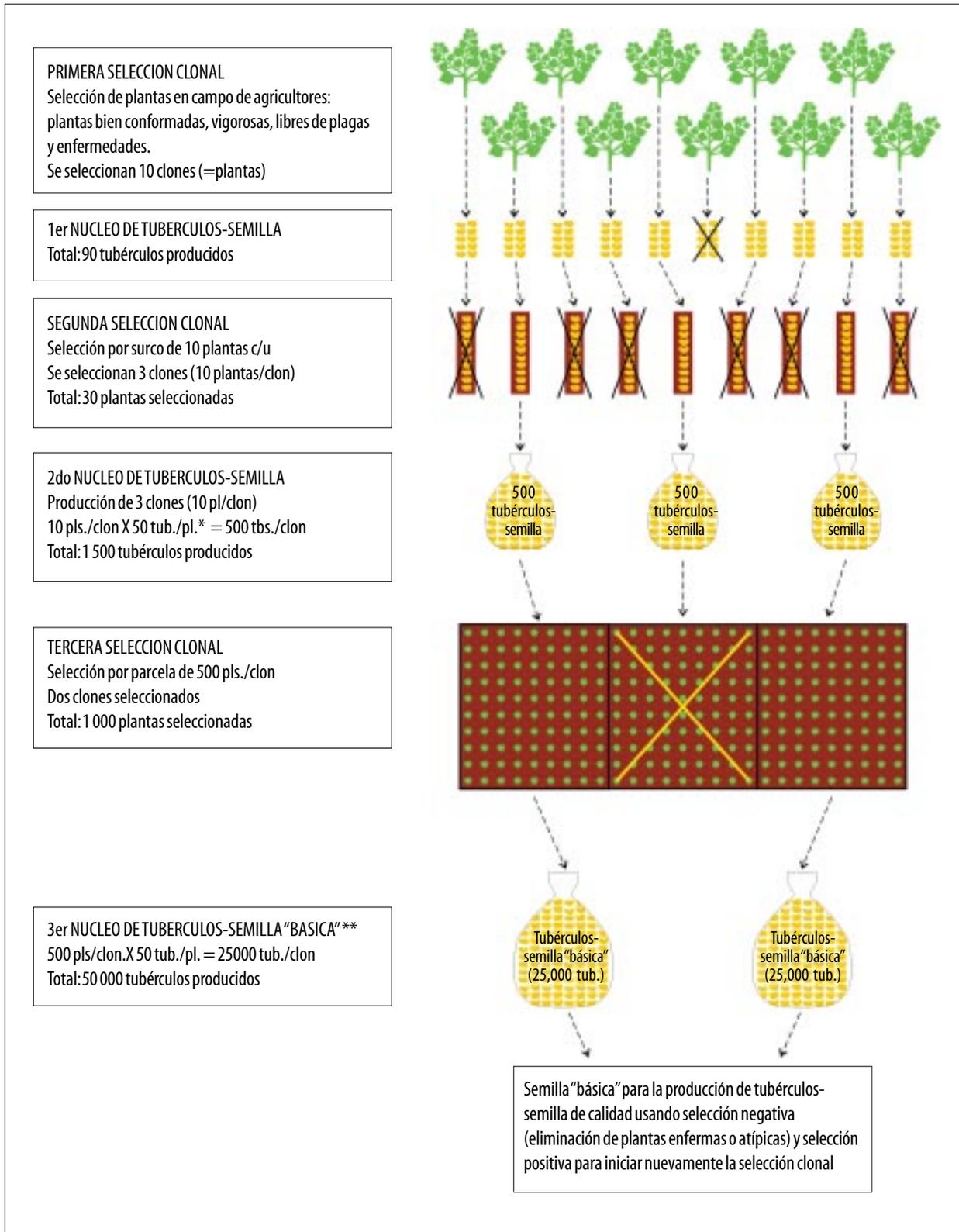


Figura 2. Esquema de selección clonal (selección positiva y negativa) para la obtención de tubérculos-semilla de ulluco de alta calidad.

* La proporción extractable promedio de tubérculos-semilla de ulluco Jaspeado alcanza aproximadamente 50 tubérculos/planta.

** Se requiere menor número de propagaciones por la gran capacidad productiva de tubérculos-semilla de ulluco Jaspeado.

Fuente: Garay, 1995.

Cuando se trata de campos semilleros la cosecha debe realizarse por lo menos 30 días después de la cosecha comercial, debiendo considerarse un tratamiento para controlar el ataque de noctúdeos y gorgojos del ulluco.

El Programa Nacional de Cultivos Andinos (Perú), en un proyecto de producción de semilla en el cual participaron once comunidades campesinas de los departamentos de Arequipa, Cuzco y Puno, condujo actividades conjuntas de identificación de cultivares promisorios de ulluco (Huahuaquepe, Papa Lisa, Moro Lisa), y de producción de tubérculos-semilla de calidad recurriendo a la técnica de selección positiva (Cuadro 6). Los resultados de la selección positiva indican que en campos de agricultores, usando ésta técnica, se triplicó el rendimiento del cultivo (Programa Colaborativo Biodiversidad de RTAs, 1995; Castelo y Mejía, 1995).

En Ecuador, en un programa de extensión (validación de variedades y de tecnología de producción), operativizado a través de actividades de producción de semilla de calidad de melloco (ulluco), determinaron la mayor productividad y preferencia de los agricultores de muchas comunidades por los clones promisorios (ECU-814, ECU-837), y variedades de ulluco (INIAP-PUCA, INIAP-QUILLO). Esto a su vez implicó mayor rentabilidad para el agricultor, pues en 1994 los clones del INIAP y los mellocos testigo presentaron una relación beneficio costo (B/C), de 1.90 y 1.59 respectivamente lo cual representa una rentabilidad del 90 % y 50 %. En 1995, los clones del INIAP presentaron tasas promedio de B/C de 1.38 que representa el 38 % de rentabilidad (Monteros, 1993; Programa Colaborativo Biodiversidad de RTAs, 1995, 1996).

Cuadro 5. Rendimiento de tubérculos-semilla a la cosecha en el proceso de selección positiva. Campañas Agrícolas 1993-94 y 1994-95

	Año Agrícola 93 – 94			Año Agrícola 94 – 95	
	La Libertad 1 (Junín)	La Libertad 2 (Junín)	Pazos (Huancavelica)	La Libertad (Junín)	Pazos (Huancavelica)
Fecha de cosecha	11-05-94	11-05-94	18-06-94	10-06-95	06-06-95
Plantas cosechadas (Nº)	60	64	65	50	50
Peso total de tubérculos (kg)	67	67	55	41	44
Peso de tubérculos-semilla (kg)	47	47	20	17	25
Peso de tubérculos de consumo (kg)	17	15	34	24	19
Proporción de tubérculo-semilla extractable por planta (kg) ¹	0.78 / 1.12	0.73 / 1.05	0.31 / 0.85	0.34 / 0.82	0.50 / 0.88

¹ Proporción extractable: cantidad de tubérculos semilla que se obtiene del total de la producción por planta.

Fuente: Garay, 1995.

Cuadro 6. Producción (kg) de semilla de alta calidad de ulluco en 11 comunidades rurales de tres departamentos del Sur del Perú. (1994)

Departamento (Comunidades)	Núcleo básica	Semilla comunal	Semilla de calidad	Total
Puno (Titilaca, Potojani, Corpamaquera, Yanaque)	1,817.0	1,587.0	1584.0	4,988.0
Arequipa (Pachaychaca, Echanca)	242.5	293.0	78.5	614.0
Cusco (Patapayoc, Chiara, Ccorimarca, Checacupe, Cruz Verde)	1,965.0	2,140.0	1643.7	5,748.7
TOTAL	4,024.5	4,020.0	3306.2	11,350.7

Fuente: Programa Colaborativo Biodiversidad de RTAs, 1995.

La metodología de obtención de semilla de alta calidad por selección positiva armoniza con las prácticas agronómicas ancestrales del cultivo, por no alterar el estado de incidencia y severidad de las infecciones virales en los campos y por su factibilidad de ser puesta en práctica por los agricultores; aun considerando la variabilidad de los ecosistemas, genotipos y de las prácticas agrícolas (siembras en asociación, mezclas y asociación + mezclas). Inclusive con los flujos e intercambios de semilla que se evidencian por medio de prácticas sociales de reciprocidad (ayni, mink'a y otros), a nivel intercomunal, comunal, familiar e intrafamiliar (Villaroel, 1997; Terrazas *et al.*, 1997).

Producción de tubérculos-semilla de alta calidad mediante multiplicación acelerada

Los tubérculos-semilla provenientes de plantas sanas de ulluco pueden ser incrementados en cantidades suficientes para proveer tubérculos-semilla a agricultores o investigadores, usando sistemas de multiplicación rápida en las estaciones experimentales (Castillo y Tapia, 1998).

El método tradicional que utiliza tubérculos-semilla para incrementar RTA permite una tasa de multiplicación que varía de 1:8 a 1:12. La tasa de multiplicación rápida que puede lograrse depende en gran parte del cultivar, de las prácticas agronómicas, tamaño y manipulación de la edad fisiológica de los tubérculos-semilla. La tasa indicada se considera insuficiente para lograr incrementos de tubérculos-semilla a corto plazo (Marca e Hidalgo, 1995; Hidalgo y Marca, 1997).

La utilización de uno de los métodos de multiplicación rápida, o de un esquema integral de los mismos puede incrementar la tasa de multiplicación que es de importancia en:

- a) Programas de renovación de extensiones significativas, con el consiguiente impacto epidemiológico de reducir drásticamente la incidencia de virus como PLRV, UMV y sus interacciones.
- b) Programas de producción de semilla de alta calidad, que requieren incrementos veloces con un menor número posible de multiplicaciones, de la segunda generación clonal (básica), por su calidad sanitaria.

La multiplicación rápida recurre a la utilización de otras partes vegetativas distintas a los tubérculos, como los brotes, tallos juveniles y laterales. Cada uno da lugar a un método que a continuación se describe.

Métodos de multiplicación acelerada

Al iniciar un sistema de multiplicación acelerada es esencial que se determine cuales son los mejores métodos para satisfacer las condiciones locales, como el clima, los cultivares, las instalaciones disponibles, detalles de logística, así como las tasas de multiplicación que se espera obtener y otros (Bryan *et al.*, 1981). Este sistema es ventajoso porque permite eliminar las enfermedades no sistémicas transmitidas por los tubérculos y consecuentemente supera, especialmente al inicio del proceso de mejora de la semilla, en calidad sanitaria al uso de tubérculos-semilla. La Figura 3 muestra el sistema integrado de multiplicación acelerada de ulluco. Se describe cada una de las técnicas probadas por Hidalgo y Marca (1996), con resultados óptimos.

Esquejes de brote

La multiplicación por esquejes de brotes resulta un método sencillo y económico, se obtiene igual rendimiento y supera en calidad sanitaria al de tubérculo-semilla. Este método se inicia con tubérculos almacenados a luz difusa, temperatura ambiental, con brotamiento natural o inducido químicamente, que presenten brotes vigorosos y sanos. La primera cosecha de brotes induce el brotamiento de las yemas laterales. La extracción o cosecha de brotes no requiere cortarlas, pero si es necesario seguir con las normas de asepsia recomendadas. El desbrotado se realiza girando suavemente el brote. Los tubérculos desbrotados se almacenan nuevamente cubriéndolos con yute o plástico negro para darles oscuridad. Se obtendrán en promedio de 5–8 brotes después de 15 días. Luego se retira el plástico para exponerlos a luz difusa y robustecer los brotes. Después de unos días se realiza la segunda cosecha de brotes. Los brotes de 5–15 cm de longitud pueden utilizarse enteros ya que son del tamaño óptimo para el enraizamiento. Se pueden realizar hasta 3 cosechas de brotes con intervalos de 20 días en promedio entre cosechas; el número de cosechas dependerá del tamaño y manejo del tubérculo-semilla y del cultivar. El rendimiento promedio por planta proveniente de un esqueje de brote enraizado y transplantado al campo es de 600 a 700 g (Figura 4).

Esquejes de tallo juvenil

La multiplicación por esquejes de tallos juveniles se inicia con plantas de 20–30 días de edad, de 10–15 cm de altura y con 5 a 6 hojas cada tallo. Las plantas madre pueden provenir de: esquejes de brote, tubérculos-

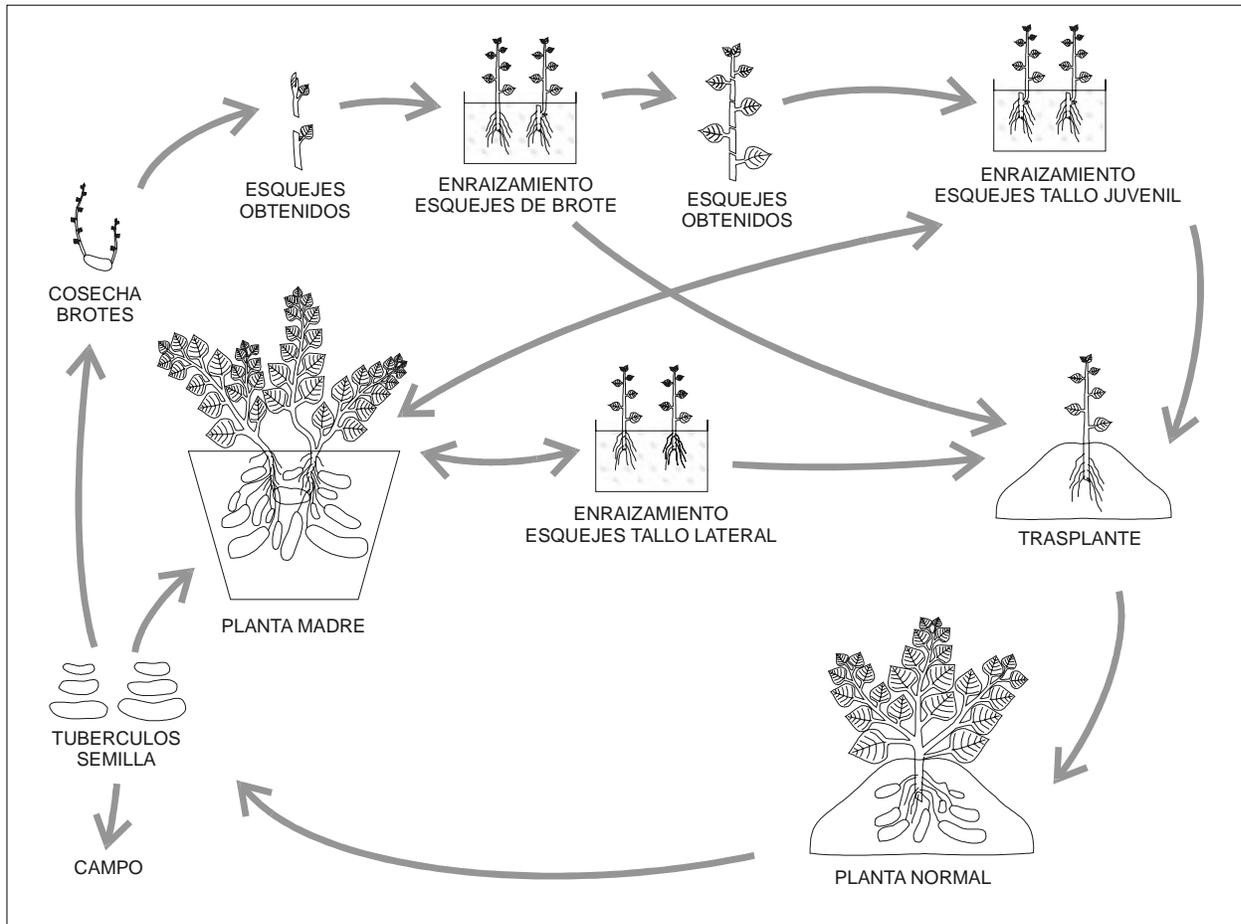


Figura 3. Integración de técnicas de multiplicación acelerada en ulluco.

semilla de 10–30 g o de plántulas *in vitro*. Cada tallo seccionado es segmentado en porciones de nudos con hoja y yema axilar. Se pueden obtener 5 a 10 esquejes por planta dependiendo del cultivar, el número de esquejes se incrementa en las siguientes cosechas. Para asegurar el enraizamiento de los esquejes se recomienda aplicar una hormona (ácido giberélico), líquida o en polvo, o colocarlos en solución enraizadora de Rootone (Castillo y Tapia, 1998). Los esquejes inician el enraizamiento y las yemas axilares desarrollan para convertirse en tallos a pocos días de colocados en las camas, observándose a los 15 días la formación de raíces adventicias abundantes y un desarrollo óptimo del tallo. Cuanto más jóvenes sean las plantas el establecimiento en campo será mejor, obteniéndose plantas vigorosas y productivas. Los esquejes pueden transplantarse a raíz desnuda directamente al campo definitivo o ser usadas como plantas madre para aumentar la tasa de multiplicación. El rendimiento promedio de una planta proveniente de un esqueje de tallo juvenil enraizado y transplantado al campo puede ser de 600 a 1,000 g dependiendo de la especie y el cultivar (Figura 5).

Esquejes de tallo lateral

La multiplicación por esquejes de tallo lateral se inicia seleccionando tubérculos de 30 a 50 g, libres de enfermedades; los tubérculos brotados pueden plantarse en macetas o camas con una pequeña porción de sustrato de 5 a 10 cm, con el fin de obtener mayor cantidad de brotes aéreos que posteriormente se convertirán en tallos vigorosos. Las plantas madre también pueden generarse a partir de tuberculillos *in vitro*, esquejes de brote o esqueje de tallo juvenil.

El desarrollo de las plantas madre es rápido, en 15 días están listas para el despunte apical (20–30 cm de longitud). El despunte apical consiste en eliminar, con una cuchilla, el meristema apical de todos los tallos de la planta. Al realizar los cortes, es importante seguir las normas asépticas recomendadas. Con el despunte apical se estimulará el crecimiento de las yemas axilares que al desarrollar en 15–20 días, constituirán los esquejes de tallo lateral, que se cosecharán cuando tengan una longitud de 8–15 cm.

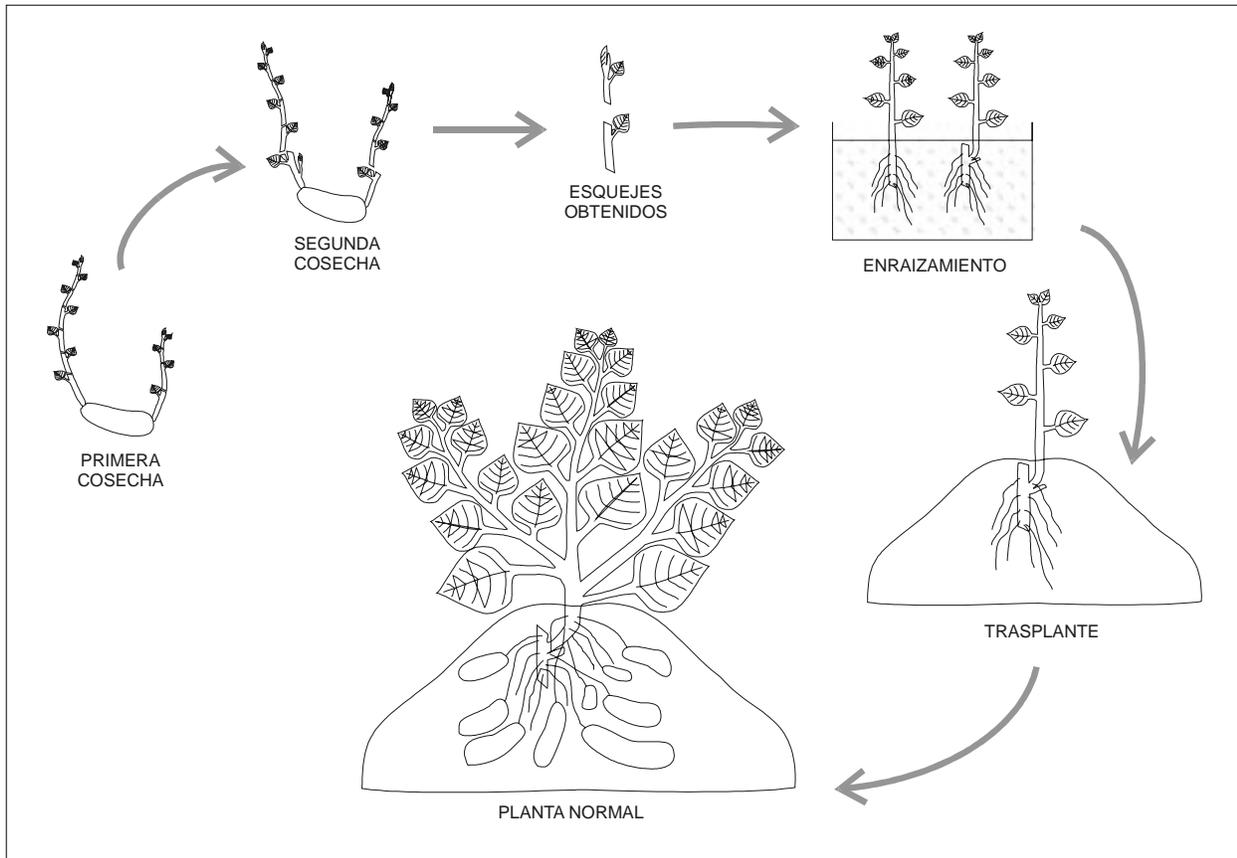


Figura 4. Esquema de multiplicación acelerada por brotes.

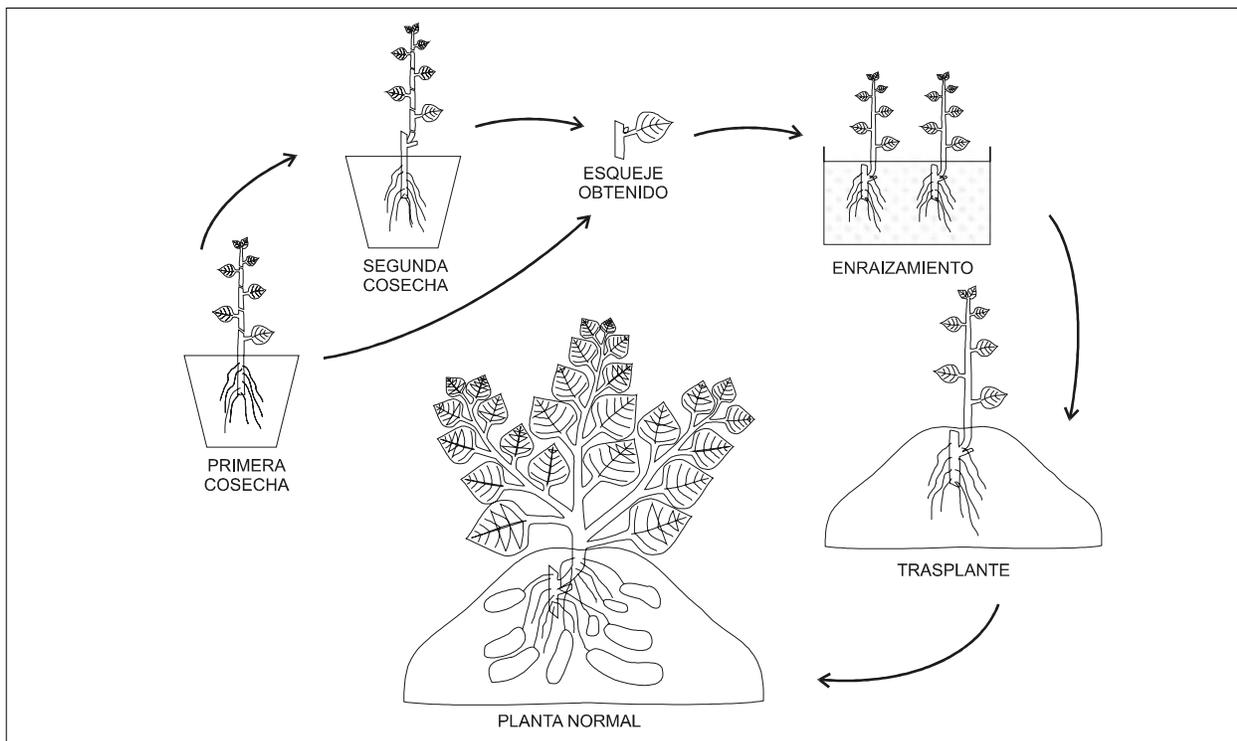


Figura 5. Esquema de multiplicación acelerada por esquejes de tallo juvenil.

La producción de esquejes por planta varía de acuerdo al cultivar, número de tallos y vigor de la planta. El número de esquejes se incrementará en los cortes sucesivos, los mismos que se podrán realizar cada 10–15 días. Una planta madre puede llegar a producir más de dos centenares de esquejes en 3 a 4 cosechas. Para estimular el desarrollo de buenos esquejes se debe combinar temperaturas moderadas con una fertilización nitrogenada (úrea diluida a razón de 1–2 g / litro de agua, agregar 50 ml de la solución por planta), que estimula el crecimiento rápido de los esquejes de tallo lateral. El rendimiento promedio de una planta proveniente de un esqueje de tallo lateral enraizado y transplantado al campo, puede llegar de 600 a 1,000 g dependiendo de la especie y el cultivar (Figura 6).

Rendimiento de las técnicas de multiplicación acelerada

Se determinó que el rendimiento promedio por planta fue superior en los esquejes de tallo juvenil respecto a los esquejes de tallos laterales y tubérculos-semilla y

estos mayores que los esquejes de brotes. Para número de tubérculos, % de sobrevivencia y rendimiento por parcela, los esquejes de tallos laterales, juveniles y brotes fueron superiores respecto a los tubérculos-semilla (Cuadro 7).

Garay y Tapia (1991), mediante una práctica combinada de multiplicación rápida por brotes y esquejes de tallo lateral, a partir de un tubérculo de ulluco obtuvieron 2,500 tubérculos en una sola campaña. Los rendimientos variaron de 0.425 a 1.3 kg/planta.

Sanidad

Proceso de desinfección de tubérculos-semilla (CIP, 1994; Hidalgo y Marca, 1996)

Se obtuvo los mejores resultados con:

- a) Bactericida-Desinfectante: Se sumerge los tubérculos por 10 minutos en una solución de Dimanin (1 ml por litro de agua).

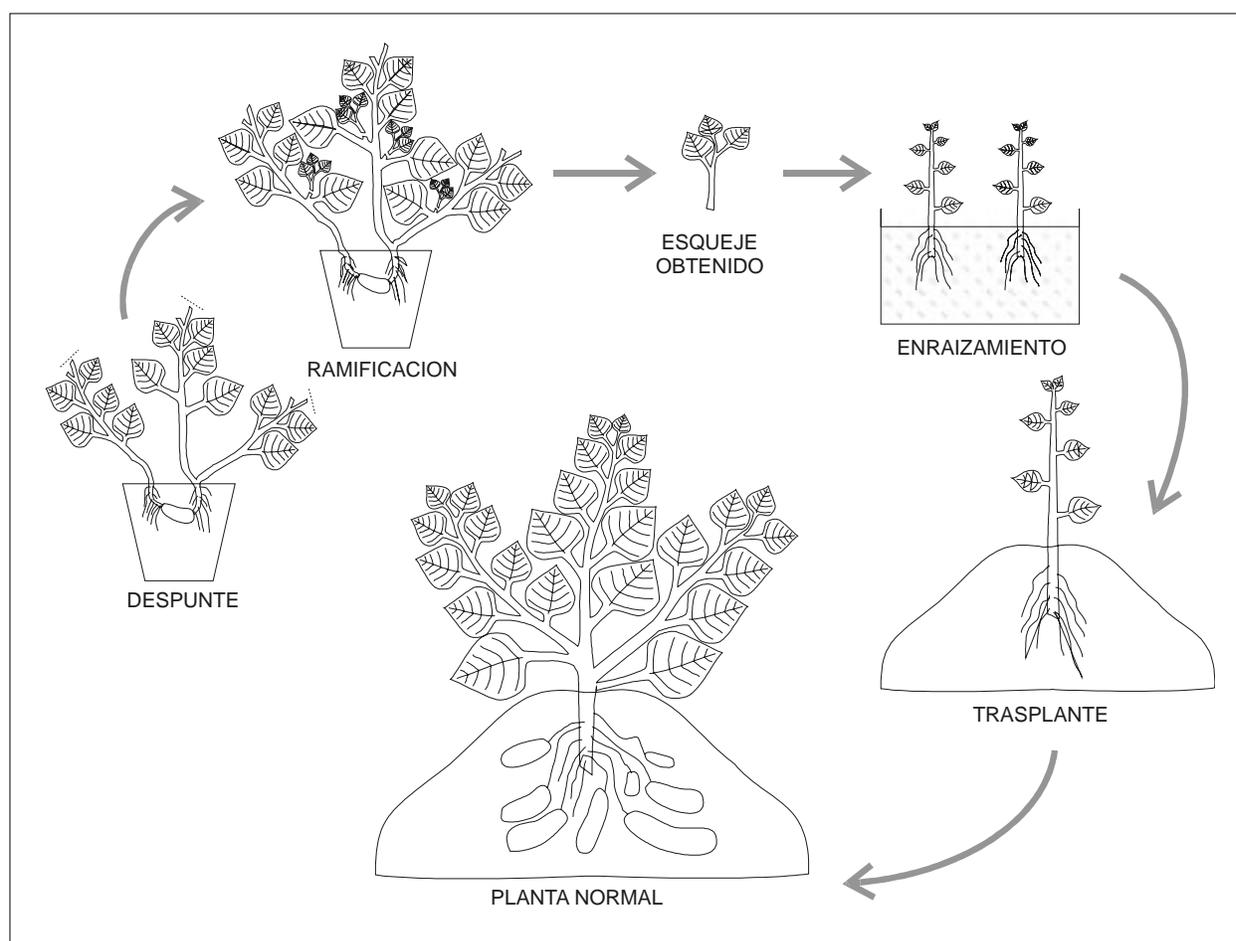


Figura 6. Esquema de multiplicación acelerada por esquejes de tallo lateral.

Cuadro 7. Comparación del comportamiento de diferentes materiales de siembra provenientes de esquejes y tubérculos-semilla de ulluco. Huancayo, Junín, Perú. 1995

Método	Rdto. / planta (kg) ¹	Número de tubérculos	% sobrevivencia	Rdto. (kg / parcela de 20 plantas)
Esquejes de tallo lateral	0.656 B	105 A	76.14 a	18.69 a
Esquejes tallo juvenil	0.691 A	99 B	72.96 ab	18.82 a
Esquejes de brote	0.620 C	97 B	68.86 b	16.45 b
Tubérculos-semilla	0.661 B	88 C	55.23 c	13.59 c

¹ Los promedios con la misma letra al lado no son significativamente diferentes (Duncan, $p < 0,05$).

Fuente: Hidalgo y Marca, 1995.

b) Insecticida-Fungicida: Después de 24 horas de haber tratado con Dimanin, se sumerge los tubérculos por 10 minutos en una solución de Decis (1 ml/l) + Benlate (1 g/l) + Tween 20-Adherente (0.5 ml/l), y luego se dejan secar.

Asepsia en el corte

Al momento del corte en el proceso de multiplicación acelerada, se deben seguir las normas asépticas recomendadas: con un bisturí desinfectado en una solución jabonosa (10 %) e hipoclorito de calcio (10 %), cortar los tallos de cada planta dejando la hoja basal con su yema axilar, la cual originará un nuevo tallo; el corte debe hacerse perpendicular al tallo sin dañar la hoja. Luego de la cosecha de esquejes en cada planta madre, el bisturí se debe sumergir en alcohol al 95 % y flamear.

Manejo

Aceleradores de brotamiento de tubérculos-semilla

En ulluco no hay información sobre productos químicos aceleradores del brotamiento en los tubérculos. En papa, sin embargo, se conocen y se están usando productos químicos tales como Rindite, Bromoetano, 2-Cloroetanol y Acido Giberélico. Estos rompen el periodo de reposo de los tubérculos-semilla.

Los resultados resumidos para los diferentes productos en ulluco son:

a) **Rindite.** Es un compuesto químico a base de cloro conformado por las siguientes proporciones:
7 partes de ETHYLENE CLOROHEDRIN (2-Cloroetanol)
3 partes de ETHYLENE DICHLORIDE (1,2 Dicloro etanol)
y
1 parte de TETRACHLORIDE (Tetracloruro de carbono)

El Rindite es un compuesto químico altamente tóxico, peligroso y explosivo que debe evitarse el contacto con la piel. Para el tratamiento se usa un contenedor (caja de tecnopor) de 97.7 dm³, aplicándose 10 a 20 ml de Rindite. Después del tratamiento los tubérculos se colocan en un ambiente a 24 °C para acelerar el efecto del producto. A los 25 días después del tratamiento se nota la ruptura del reposo, obteniéndose que el 20 % de los cultivares de ulluco brotaron satisfactoriamente, pero el 80 % restante quedaron inutilizados.

b) **Bromoetano (C₂H₅Br).** Comercialmente se le encuentra en envases de 1 litro. Es un producto usado en fotografía, producido por Eastman Kodak Company (EUA) y de manejo similar al Rindite. El tratamiento se aplica por 24 horas a 24 °C dentro del contenedor y debe hacerse en un ambiente herméticamente cerrado.

El Bromoetano se utilizó en un contenedor de "tecnopor" igual al utilizado para el tratamiento con Rindite y se aplicó a la dosis de 9 y 19 ml del producto, utilizando algodón para ayudar a la volatilización del producto. A los 25 días después del tratamiento se observó la ruptura del periodo de reposo. Los resultados indicaron que los cultivares de ulluco evaluados brotaron casi en un 100 %, notándose un pequeño porcentaje de los clones que se inutilizaron con la aplicación del producto.

c) **2-Cloroetanol.** Es un producto que comercialmente se encuentra con el nombre de ETHYLENE CLOROHEDRIN, es altamente volátil por lo cual el contenedor debe mantenerse herméticamente cerrado durante 72 horas de tratamiento. Los tubérculos deben remojar por 4 segundos y parte del líquido debe colocarse dentro del contenedor, pero sin hacer contacto con los tubérculos.

Después de sacar los tubérculos del contenedor, estos deben colocarse en un lugar ventilado y bajo sombra. Se recomienda usar guantes de goma y mandil de plástico para el manipuleo del producto, el material usado para el tratamiento y los tubérculos tratados.

Los resultados indican que los tubérculos de los cultivares de ulluco mostraron brotamiento en un 100 % para las dosis de 7 y 12 ml del 2-Cloroetanol y no hubo quemadura. El brotamiento ocurrió después de 15 días del tratamiento.

d) **Acido Giberélico (C₁₉ H₂₂ O₆).** Comercialmente se le encuentra en frascos (polvo), de 10 g, conteniendo 90 % de giberelina total. Es un polvo blanco, fácil de disolver en alcohol; no es tóxico para humanos ni animales y es compatible con abonos foliares y pesticidas.

El AG₃ se usó a dosis de 2 y 5 ppm. Para preparar 5 ppm en 10 litros de agua, se pesan 50 mg del producto y se disuelven en alcohol (por cada 10 mg de AG₃ se emplea 1 ml de alcohol 96 %; para 50 mg usar 5 ml de alcohol), agitar bien para diluir y luego agregar los 10 litros de agua. Sumergir 10 a 20 kg de tubérculos por 10 litros de solución durante 10 minutos. La dosis de 2 ppm es recomendable en tubérculos-semilla que ya han roto su dormancia.

Los resultados indican que las dosis de 2 y 5 ppm tuvieron efecto en la ruptura del reposo en 100% de los cultivares de ulluco evaluados.

Camas y sustrato

Las camas para enraizar brotes se confeccionan de madera, ladrillo, piedra, etc. El sustrato puede ser arena de cuarzo de 0.5–2.0 mm de diámetro previamente lavada y desinfectada, arena fina (menor de 1 mm), musgo, mezcla de musgo + arena en la relación 2:1, tierra vegetal o simplemente suelo en descanso + estiércol; cuidando que debe estar semicompacto, húmedo y tener drenaje adecuado para facilitar un buen enraizamiento. El espesor de la cama debe ser de 5–10 cm.

Para el plantado se hacen agujeros de 3–5 cm de profundidad y se colocan los esquejes a una densidad de 2.5 x 2.5 cm ó 2.5 x 5 cm entre esquejes; la densidad que se obtiene son de 1,600 y 800 esquejes enraizados por metro cuadrado respectivamente. Los esquejes se entierran en el sustrato de 3–4 cm de profundidad, asegurando que hagan contacto con el mismo. Los esquejes inician el enraizamiento a los 8 días y alcanzan un desarrollo óptimo a los 15 días. Para conseguir esquejes bien enraizados en corto tiempo, se debe aplicar hormonas de enraizamiento ya sea en líquido o en polvo. Los riegos deben ser frecuentes, ligeros y efectuados con una regadera, siendo necesario sombrear la cama enraizadora.



Figura 7. Detalle de corte de esquejes de tallo.

Corte

Para la obtención de los esquejes, colocar la cuchilla en ángulo recto al tallo bajo la yema axilar, hacer un corte limpio y firme sin dañar las hojas y tallos (Figura 7). La longitud de los esquejes para el trasplante dependerá del lugar donde se planten, para trasplante en camas puede ser de 2–6 cm y para campo definitivo de 8–15 cm. Los esquejes cosechados se guardan en depósitos y se cubren con papel periódico o tela humedecida para evitar su deshidratación. Sobre una madera limpia y desinfectada se cortan los esquejes, quitándoles algunas hojas basales y pedazos de tallo, estandarizando la longitud y el área foliar de los esquejes a trasplantar.

Trasplante

Para el trasplante de esquejes, el terreno debe ser preparado con anterioridad, estar bien mullido y a humedad de campo al momento del trasplante. La densidad de trasplante es de 0.80 a 0.90 m x 0.35 a 0.40 m, necesitándose aproximadamente de 25 000–35 000 esquejes por ha. Los niveles de fertilización dependerán del análisis de suelo del terreno a usar, recomendándose la misma fórmula que para un cultivo proveniente de tubérculo-semilla, teniendo cuidado que las raíces no deben hacer contacto con el fertilizante. Inmediatamente después del trasplante es importante aplicar un riego ligero. Los primeros días después del trasplante los esquejes muestran un ligero marchitamiento, pero a partir de los 15 días desarrollan vigorosamente y pueden manejarse como plantas normales.

Producción de tubérculos-semilla de alta calidad mediante tecnología integral

La incidencia de los virus en los departamentos de Junín y Huancavelica, señala que dos tercios de las plantas

cultivadas de diferentes cultivares de ulluco, en los campos de los agricultores, se encuentran infectadas por los virus: *Ullucus mosaic virus* (UMV), *Ullucus virus C* (UVC), *Ullucus mild mottle virus* (UMMV), *Papaya mosaic virus*, *ulluco strain* (PapMV-U) y *Andean potato latent virus* (APLV), con porcentajes promedio de 62 %, 85 %, 76 %, 45 % y 13 % respectivamente e infecciones simultáneas de 2, 3, 4 y 5 virus, siendo UVC + UMMV, UVC + UMV + UMMV y UVC + UMMV + UMV + PapMV-U las combinaciones más frecuentes (Villavicencio, 1999).

La vía metodológica más consistente para enfrentar esta realidad, es a través de la erradicación de los virus que vienen infectando los cultivos hasta el establecimiento de programas de producción de semilla de alta calidad.

Priorización de cultivares promisorios de ulluco para la limpieza de virus

Criterios de priorización

En Junín los distritos de Mariscal Castilla, Cochabambas, Comas, Heroínas Toledo, Masma Chicche y Curimarca registran ser, no sólo, los mayores productores de ulluco sino también los poseedores de variabilidad del cultivo (Jaspeado, Picado de Pulga, Canario, Huanuqueña, Zanahoria, Guindo, considerados entre los semi-falcados). Con esta información y los reportes de las investigaciones de la Universidad Nacional del Centro (UNCP) e Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), la priorización se basó en consideraciones de coloración, cocción, sabor, opinión del agricultor y demanda en el mercado. Se seleccionaron los cultivares Jaspeado, Tarmaña-redonda, Picado de Pulga y Canario (Cuadro 8 y Figura 8), que además registran las mayores superficies cultivadas. Se desestimaron las entradas COH-6071 de color anaranjado, COH-6041 blanco y COH-6050 púrpura oscuro, reportadas como sobresalientes por su rendimiento (INIPA, 1987), por no tener demanda en el mercado.

Selección positiva

Para tener información más detallada sobre este tema ver la sección: PROCEDIMIENTO DE LA SELECCIÓN POSITIVA.

Evaluación de infección de virus en los cultivares priorizados y explantes

Las evaluaciones de infección de virus son necesarias para identificar los virus que infectan los cultivares y determinar la temperatura necesaria en el proceso de

termoterapia. Se realizan mediante la técnica serológica DAS-ELISA, microscopía electrónica y sintomatología en plantas indicadoras (Cuadro 9). Las pruebas de infección de virus muestran los elevados porcentajes de incidencia y amplia distribución de los virus PapMV-U, UVC y UMMV en los cultivares seleccionados de ulluco.

Los estudios confirman los reportes, para el caso de Perú, de Toledo y Jayasinghe (1990, 1991 y 1992); Anguerre *et al.* (1992) y Toledo *et al.* (1992 y 1993), quienes aislaron e identificaron los virus PapMV-U, UVC y UMV. Adicionalmente evaluaron con la técnica PNC-ELISA, 419 entradas y determinaron la incidencia de PapMV-U en un 63 %, UMV en 46 %, UVC y UMMV con valores cercanos a 30 %, y asimismo, determinaron infecciones individuales o simultáneas de dos, tres, o cuatro virus juntos en una sola planta. Estos se hallaban ocasionando síntomas de deformación, moteado, mosaico, disminución del área foliar, crecimiento y rendimiento.

Las evaluaciones de infección de virus también se aplican a los clones de los explantes normalmente desarrollados, descartándose las plántulas de reacción positiva a la prueba y clonándose nuevamente las plántulas negativas.

Proceso de obtención de plántulas libres de virus

Preparación de plantas

Brotos de tubérculos, se plantan en un sustrato constituido por una mezcla de turba, musgo y vermiculita en una proporción de 3:1:1, respectivamente, y esterilizada con bromuro de metilo. A las plantas se les aplica Benomyl (Benlate) al 0.2 % y Grow More 20-20-20 al 0.25 %, cada 20 días. Cuando las plantas alcanzan la altura de 20 cm se efectúa el despunte apical, dos días antes del tratamiento de termoterapia.

El uso de brotes de tubérculos presenta menos complicaciones, posee mayor porcentaje de sobrevivencia en el tratamiento de termoterapia, que el uso de esquejes de tallo juvenil o lateral.

También se reporta el tratamiento de plántulas *in vitro*, de 3 semanas de crecimiento (Toledo *et al.*, 2001).

Tratamiento de termoterapia

El método modificado y estandarizado se aplica a plantas desarrolladas en maceteros de plástico de 12 x 13 cm, utilizando una cámara de termoterapia modificada, de

Cuadro 8. Cultivares priorizados¹ para la limpieza de virus. Concepción, Junín, Perú. 1994

Número de entrada	Nombre de Cultivar	Coloración de tubérculos	Procedencia
UNC-U-0044	Tarmeña-redonda	Salmón con jaspes y mancha púrpura	Tarma
UNC-U-0011	Picado de Pulga	Amarillo punto púrpura	La Libertad, Concepción
UNC-U-0060	Canario	Amarillo punto púrpura	Pazos, Tayacaja
UNC-U-0142	Jaspeado	Amarillo jaspe púrpura	La Libertad, Concepción

¹ Cultivares priorizados basado en consideraciones de coloración, cocción, sabor, opinión del agricultor y demanda del mercado



Figura 8. Cultivares priorizados para la limpieza de virus: **A.** cv. Jaspeado (planta); **B.** cv. Jaspeado (tubérculos); **C.** cv. Tarmeña redonda (planta); **D.** cv. Tarmeña redonda (tubérculos); **E.** cv. Canario (planta); **F.** cv. Canario (tubérculos).

madera, de aproximadamente 1.20 m x 1.30 m x 0.70 m. Las plantas, inicialmente, se someten a un proceso de adaptación a una temperatura de 25 °C por 24 horas, posteriormente a 30 °C por 48 horas y luego a 40 °C por 6 horas y 25 °C por otras 6 horas en dos ciclos diarios durante 25 días (Duque y Hermann, 1994), con fotoperíodo de 24 horas y humedad relativa promedio de 88 %. Para proporcionar el fotoperíodo requerido y la temperatura deseada se utilizan dos focos de 250 W y uno de 150 W.

El tratamiento de termoterapia alternando 40 °C y 25 °C por ciclos, aún con la infección múltiple de tres virus, permite la obtención de meristemas libres de virus de cada cultivar y es más eficiente que el tratamiento continuado a una temperatura de 38 °C, por ser menos estresante y causar menor mortandad de plantas. De manera similar, recientemente reportan un tratamiento de termoterapia con 28–32 °C, 16 horas luz y 3,000 lux de iluminación durante un mes, aplicado a plántulas *in vitro* (Toledo *et al.*, 2001).

Aislamiento y desarrollo de meristemas

Luego del tratamiento de termoterapia las plantas se retiran de la cámara y se realiza la selección, deshojado y corte de los tallos o nuevos brotes. A continuación, los cortes se lavan con agua de caño, se desinfectan con etanol al 70 % por un minuto, luego con hipoclorito de calcio al 2.5 % por 10 minutos y finalmente se enjuagan con agua destilada esterilizada por tres veces consecutivas, esta última operación se realiza dentro de la cámara de flujo laminar. Luego, con la ayuda del microscopio estereoscópico, primeramente se deja el meristema sin primordios foliares; el meristema se aísla mediante corte con una hoja de bisturí N° 11 y se siembra

en el medio sólido Murashige y Skoog (Estrada *et al.*, 1986), ligeramente modificado (Cuadro 10) y sin utilización de vitaminas (Granados y Escalante, 1997). Las yemas meristemáticas contenidas en los tubos se colocan bajo iluminación de 16 horas día, proveniente de lámparas electrónicas ahorrativas de energía (OSRAM de 23 W), situadas a 20 cm de distancia y a una temperatura de 18 -20 °C. Es necesario el cambio quincenal del medio de cultivo hasta lograr el inicio de desarrollo de los meristemas.

El medio básico Murashige y Skoog para cultivo de meristemas fue ligeramente modificado en pruebas sucesivas, resultando óptima, por la sobrevivencia y el crecimiento vigoroso las proporciones que se presentan en el Cuadro 10.

Micropropagación *in vitro*

Cuando los meristemas logran su desarrollo y cuentan con 3-5 nudos se procede a su micropropagación a fin de contar con plántulas para la evaluación de infección de virus, conservación o propagación. El medio de cultivo utilizado en micropropagación es similar al medio para aislamiento de meristemas, con la sola diferencia que en el medio de micropropagación se usa AG₃ a 0.25 ppm (Figura 9).

Trasplante y adaptación de plántulas en cobertores de ambiente

Cumplido el periodo de desarrollo de las plántulas libres de virus por 25 días, en la sala de crecimiento, se procede al trasplante en sustrato estéril constituido por una mezcla de turba, musgo y vermiculita en una proporción de 3:1:1, respectivamente, para que cumplan el periodo de adaptación y robustecimiento en cobertores de ambiente y luego proceder a su trasplante en campo, para la producción de tubérculos-semilla de la primera generación clonal (prebásica).

Cuadro 9. Detección de virus mediante DAS-ELISA¹ en plantas provenientes de tubérculos de campos comerciales. CIP-Lima. Período 1993-94

Cultivar ²	Virus evaluados			
	PapMV-U	UVC	UMV	UMMV
Picado de Pulga	+	+	-	+
Tarmaña-redonda	+	+	-	+
Canario	+	+	-	+
Jaspeado	+	+	-	+

+ = Reacción positiva al virus en prueba serológica.

- = Reacción negativa al virus en prueba serológica.

¹ DAS-ELISA = Double antibody sandwich – enzyme-linked immunosorbent assay.

² Los cultivares luego del tratamiento de termoterapia por ciclos, fueron limpiados de los virus que las afectaban.

Cuadro 10. Formulación del medio básico para cultivo de meristemas de ulluco. Laboratorio de Cultivo de Tejidos, Universidad Nacional del Centro del Perú

Componentes	Cantidades
MS	4.6 g
Sucrosa	2.0 %
Pantotenato de calcio	2.0 ppm
Acido giberélico	0.5 ppm
Agar	0.7 %
pH	5.6

Modificado de: Estrada *et al.*, 1986.

El cobertor de ambiente básicamente está constituido de un techo de fibra de vidrio a una altura promedio de 1.5 m y área neta de 6 m², en él se ubican las plántulas provenientes de *in vitro* para que cumplan el periodo de adaptación y robustecimiento por 60 días y luego proceder a su trasplante en campo definitivo. La metodología permite la sobrevivencia mínima de dos tercios de las plántulas trasplantadas (Cuadro 11 y Figura 10).

Trasplante de plántulas a campo

El trasplante se efectúa en un suelo preparado adecuadamente de manera similar que para la



Figura 9. Proceso de micropropagación *in vitro* de ulluco cv. Jaspeado, libre de virus.

plantación de tubérculos, preferentemente que haya estado en descanso. Es recomendable efectuar el trasplante cuando el suelo se encuentra en su capacidad de campo y en el periodo previsible de lluvias. La densidad de trasplante, fertilización y abonamiento es similar a la plantación de tubérculos. La metodología permite la sobrevivencia mínima de dos tercios de las plántulas trasplantadas, desarrollo normal como una planta proveniente de tubérculo y una producción superior a 0.50 kg de tubérculos por planta (Cuadro 11 y Figura 10).

Reinfección natural en campo de las plantas libres de virus

Las evaluaciones de infección de virus en los estudios de reinfección en campo, determinan los rangos de transmisión natural y adopción de medidas de protección (sanidad, aislamiento), en la fase de propagación de tubérculos en campo. El Cuadro 7 (Capítulo III: “Las enfermedades causadas por virus y su control”) y el Cuadro 12 de éste Capítulo, muestran los valores de reinfección de las plantas libres de virus desde la primera exposición en campo independientemente de la zona de cultivo. Debido a la proximidad de los experimentos a los campos infectados de ulluco, los porcentajes de reinfección reflejan con gran aproximación los niveles de reinfección natural que ocurren en el campo. No obstante, estos niveles de reinfección son manejables mediante la adopción de medidas complementarias de sanidad que permitan prolongar la productividad de los tubérculos-semilla mínimamente hasta la sexta generación clonal.

Productividad de los tubérculos-semilla de alta calidad

El comportamiento de los tubérculos-semilla de alta calidad se determinó en experimentos sucesivos durante tres campañas agrícolas consecutivas, conducidos en tres zonas de producción La Libertad

Cuadro 11. Sobrevivencia y rendimiento de plántulas de ulluco *in vitro* trasplantadas a cobertor y campo definitivo. Concepción, Junín, Perú

Campaña agrícola	Sustrato	Adaptación en cobertor de ambiente		Campo definitivo			Rendimiento (kg/planta)
		Nº plántulas trasplantadas	sobrevivencia (%)	Nº de plantas trasplantadas	sobrevivencia (%)	sobrevivencia final (%)	
1999-2000	Tierra agrícola	1000	75	750	74	56	0.68
2000-2001	Turba + Musgo (Esterilizado)	1000	96	960	92	88	0.48



Figura 10. A. Trasplante en cobertor rústico; B. Desarrollo normal de plántulas trasplantadas; C. Trasplante a campo.

Cuadro 12. Reinfeción (% de incidencia), en plantas libres de virus de ulluco cv. Jaspeado. Campaña Agrícola 1995-96

Lugar	Virus evaluados				
	PapMV-U	UMV	UVC	UMMV	APLV
Pazos – Tayacaja (Huancavelica)	4 %	2 %	4 %	13 %	2 %
Chicche – Jauja (Junín)	7 %	0 %	7 %	13 %	0 %

(Concepción, Junín), Chicche (Jauja, Junín) y Pazos (Tayacaja, Huancavelica); en los cuales se probaron la productividad de los tubérculos-semilla: 1° De alta calidad, procedente de plantas libres de virus de diferentes generaciones clonales y estados de reinfeción viral; 2° Selección positiva, originada por selección individual de las plantas más productivas; 3° Del agricultor, las cultivadas ancestral y comercialmente; 4° Infectada, con infección por lo menos de uno de los virus reportados y proveniente de *in vitro*.

En el Cuadro 13, considerando sólo dos zonas de producción (La Libertad y Chicche), caracterizada por el uso intensivo de los suelos, infestación severa de plagas, se determinó la superioridad estadísticamente significativa de rendimiento de tubérculos de calidad comercial con el uso de tubérculos-semilla de alta calidad, en comparación a la de selección positiva, del agricultor e infectada. En otra zona de producción (Pazos), caracterizada por tener suelos más fértiles y menor infestación de plagas, también se determinó la superioridad de los tubérculos-semilla de alta calidad.

En el análisis combinado (Cuadro 14), se evidencia de manera significativa y concluyente la superioridad de rendimiento de tubérculos de calidad comercial proveniente de los tubérculos-semilla de diferentes

generaciones clonales de ulluco Jaspeado frente a los infectados, independientemente de las condiciones de las zonas de producción y variaciones climáticas de cada campaña agrícola (Figura 11).

Las infecciones de los virus UMV, UVC, PapMV-U, UMMV y APLV no afectan el rendimiento en cuanto a número de tubérculos por planta.

Respecto al peso y número de tubérculos puede utilizarse como semilla un tubérculo de 25 g, 2 tubérculos de 10 g ó 5 tubérculos de 5 g, pues su productividad es similar, resultados que sustentan las bien concebidas prácticas ancestrales de usar 3–7 semillas en función al tamaño de los tubérculos (Cuadro 13 y Figura 12), y explica las recomendaciones de uso de tubérculos-semilla grandes (20, 22 y 25 g) (Lescano, 1987; Garay y Tapia, 1991; Arcila, 1992; CORLIB, 1988; Castillo y Tapia, 1998).

Velocidad de translocación de virus en ulluco

La velocidad de translocación está referida a la transmisión de los virus del follaje de la planta a los tubérculos de la misma planta.

En las evaluaciones de brotes de tubérculos provenientes de plantas infectadas con virus específicos de ulluco, se han determinado altos niveles de infección (Lizárraga *et al.*, 2001). Esto confirma la necesidad de adoptar medidas estrictas de sanidad y aislamiento en la producción de tubérculos-semillas de alta calidad (Cuadro 15).

Adopción del esquema de producción de tubérculos-semilla de alta calidad

La adopción de un conocimiento y tecnología es importante en su sostenibilidad. Para lograr dicha adopción, el proceso de instalación, conducción y

Cuadro 13. Rendimiento (kg/parcela de 40 plantas) comercial y peso total de tubérculos de ulluco cv. Jaspeado en tres localidades, en tres campañas agrícolas, comparando tres calidades de tubérculos-semilla.

Lugar Campaña agrícola	Tratamiento	Calidad comercial ¹		Peso total ¹	
Pazos (Huancavelica) Campaña Agrícola 1996-97	Jaspeado de Alta Calidad ² 20 g	38.69	a	58.90	a
	Jaspeado de Alta Calidad ² 10 g	33.07	ab	51.22	ab
	Jaspeado Infectado 20 g	30.29	bc	42.65	bc
	Jaspeado Infectado 10 g	27.54	bc	38.50	cd
	Jaspeado Sel. Posit. 20 g	28.45	bc	38.56	cd
	Jaspeado Sel. Posit. 10 g	23.46	c	31.80	d
Chicche (Junín) Campaña Agrícola 1996-97	Jaspeado de Alta Calidad ² 20 g	15.84	a	23.32	a
	Jaspeado de Alta Calidad ² 10 g	12.95	ab	19.96	ab
	Jaspeado Infectado 20 g	10.15	bc	14.93	bc
	Jaspeado Infectado 10 g	7.72	c	11.03	c
La Libertad (Junín) Campaña Agrícola 1997-98	Jaspeado de Alta Calidad ²	13.19	a	18.90	a
	Jaspeado Infectado	10.27	ab	14.11	ab
	Jaspeado Agricultor	9.39	b	13.35	b
	Jaspeado Sel. Positiva	7.86	b	9.86	b
La Libertad (Junín) Campaña Agrícola 1998-99	Jaspeado de Alta Calidad ² 5 g	28.96	a	37.27	a
	Jaspeado de Alta Calidad ² 25 g	25.09	ab	36.79	a
	Jaspeado Básico ³ 25 g	20.95	bc	34.09	a
	Jaspeado Básico ³ 5 g	19.62	c	35.66	a
	Jaspeado Infectado 5 g	19.52	c	36.80	a
	Jaspeado Infectado 25 g	18.74	c	31.98	a

¹ Los promedios con la misma letra al lado no son significativamente diferentes (Duncan, $p < 0,05$). Promedios provenientes de 40 plantas.

² Semilla de alta calidad: originalmente procedente de plantas libres de virus de diferentes generaciones clonales.

³ Semilla Básica = 2^{da} generación clonal en campo.

Cuadro 14. Comparación del rendimiento (kg/planta) de dos calidades de tubérculos-semilla de ulluco cv. Jaspeado en La Libertad (Junín) y Pazos (Huancavelica), Campañas Agrícolas 1995-96; 1996-97 y 1997-98

Orden de mérito	Material	Rendimiento promedio (kg) ¹	
		Calidad comercial	Total
1	Semilla de alta calidad ²	0.6112 a	0.8402 a
2	Semilla infectada ³	0.4236 b	0.5484 b

¹ Los promedios con la misma letra al lado no son significativamente diferentes (Duncan, $p < 0,05$).

² Semilla de alta calidad originalmente procedente de plantas libres de virus de diferentes generaciones clonales. Prebásica = 1^{ra} generación clonal en invernadero; Básica = 2^{da} generación clonal en campo; Certificada = 3^{ra} generación clonal en campo

³ Infectada por lo menos con uno de los siguientes virus: UMV, UVC, PapMV-U, y UMMV.

evaluación de resultados de los campos demostrativos y estudios de impacto del uso de semilla de alta calidad, fueron conducidos en forma participativa con los agricultores.

La medición del proceso de adopción determinó que 48 % de la población de agricultores de la comunidad de La Libertad, vienen utilizando tubérculos-semilla de alta calidad.

La medición se basa en la incorporación de los agricultores en el proceso de producción de tubérculos-semilla de la primera generación clonal, desde el trasplante de plántulas *in vitro* para su adaptación y trasplante a campo definitivo (Figura 13). Igualmente, se basa en la decisión de los agricultores de convertirse en productores de tubérculos-semilla de alta calidad de ulluco y papas nativas a través de organizaciones microempresariales.



Figura 11. Comparación de desarrollo vegetativo (izquierda) y rendimiento (derecha) del ulluco cv. Jaspeado: **A.** Producido con tubérculos-semilla de alta calidad; **B.** Con tubérculos-semilla infectados.

Impacto económico del uso de tubérculos-semilla de alta calidad

Metodología

Para medir el impacto económico del uso de los tubérculos-semilla de alta calidad de ulluco Jaspeado, se instalaron campos comparativos mayores a 2000 m², área que normalmente cultiva el agricultor. Cada campo se dividió en dos parcelas de áreas iguales, en una parcela se utilizó tubérculos-semilla de alta calidad de ulluco cv. Jaspeado y en la otra tubérculos-semilla del propio agricultor. La semilla fue el único factor variable, y el resto de factores, época de siembra, fertilización, labores culturales, controles fitosanitarios, cosecha y comercialización, se estandarizaron en el cronograma e insumos utilizados. Los datos se tomaron desde la siembra hasta la comercialización del total de la producción, y se agruparon de la siguiente manera:

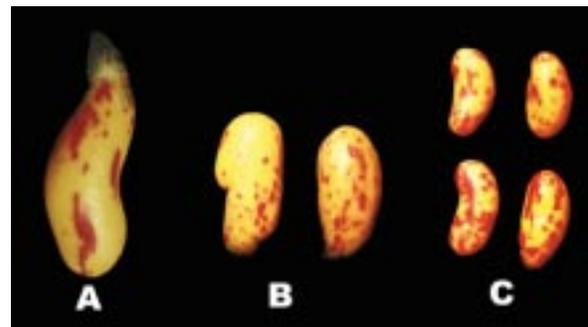


Figura 12. Número de tubérculos-semilla de ulluco en función a su peso y tamaño: **A.** Siembra de 1 tubérculo-semilla de 20 g; **B.** Siembra de 2 tubérculos-semilla de 10 g cada uno; **C.** Siembra de 4 tubérculos-semilla de 5 g cada uno (práctica común del agricultor).

Mano de obra. Se considera el tiempo efectivo de duración de las actividades en horas efectivas de trabajo en cada parcela, y el número de personas que la desarrollan.

Cuadro 15. Tasa (%) de velocidad de translocación de virus, en ulluco con infección virótica secundaria, en tres lugares y diferentes altitudes. Campaña Agrícola 1996-97

Altitud	Lugar Entrada/Cultivar ¹	Velocidad de translocación (%)					
		UMV	UVC	PapMV-U	UMMV	APLV	PLRV
< 3,500 m	La Libertad (Junín) MH-290	98.9 (± 1.4) ²	100	100	—	—	76.7 (± 5.3)
~ 3,500 m	Chicche (Junín) Jaspeado	72.5 (± 14)	72.5 (± 14)	100	100	100	—
> 3,500 m	Pazos (Huancavelica) Jaspeado	99.6 (± 6.7)	99.6 (± 6.7)	100	100	100	—

¹ La velocidad de translocación está referida a la transmisión de los virus del follaje de la planta a los tubérculos de la misma planta.

² Los números en paréntesis indican desviación estándar.

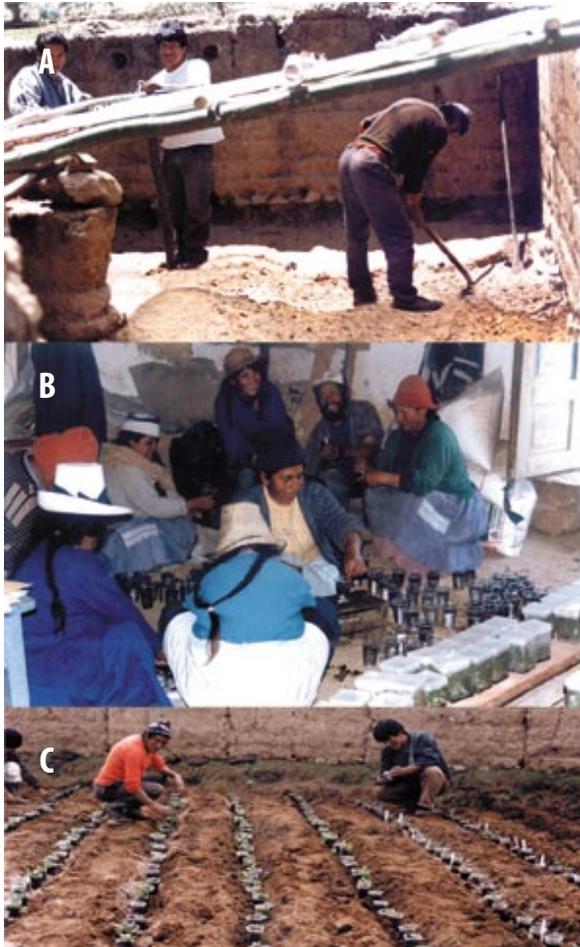


Figura 13. Cobertor rústico y trasplante de plántulas de ulluco cv. Jaspeado libre de virus, con la participación de los agricultores. **A.** Preparación del cobertor; **B.** Trasplante de plántulas de magentas a recipientes descartables para su adaptación; **C.** Trasplante de plántulas a campo definitivo.

Insumos. Se considera el precio de campo de la cantidad exacta del insumo utilizado en cada parcela (gramos, mililitros). Para obtener el precio de campo de un insumo, al costo del insumo se le suma su costo de transporte hasta el campo.

Materiales. Se toma en cuenta la depreciación de los materiales usados, para lo cual se considera el tiempo de vida útil de los materiales y a este valor se suma el costo de campo de los mismos.

Maquinarias. En este rubro se considera la depreciación de los equipos y maquinarias utilizadas en el trabajo, o el costo de alquiler por tiempo de uso.

Análisis

El análisis de los datos se realiza mediante la metodología de presupuesto parcial, análisis marginal y análisis de sensibilidad. Para el análisis de presupuesto parcial se

debe tener en cuenta: el costo del interés del capital y precios de venta de la producción de tubérculos por categorías (extra, primera, segunda, tercera, descarte). Con todos estos datos se procede a determinar el total de costos variables, los beneficios brutos y netos. Luego se realiza el análisis marginal, se determinan los costos y beneficios marginales y finalmente la tasa de retorno marginal; sólo se aceptan tasas de retorno marginal superiores al 100%. Y, finalmente se desarrolla el análisis de sensibilidad, para lo cual se puede especular con escenarios favorables y adversos a la producción, como son: variaciones de los precios en el mercado, variaciones en el rendimiento del cultivo, variaciones de las tasas de interés, etc.

Las ventajas comparativas de superioridad de productividad proveniente del uso de tubérculos-semilla de alta calidad, económicamente, se manifiestan en el incremento de la rentabilidad del cultivo, que en escenarios normales: tasa de interés estable (2.6 % mensual), rendimiento promedio normal (10–12 t/ha) y precios estables (S/. 0.30 – S/. 0.35 /kg), es de 400 a 600 %. En escenarios adversos: reducción de la producción, incremento de la tasa de interés o disminución del precio de mercado, varía entre 300 a 500 %. Y en un escenario favorable: incremento del precio de mercado, puede ser hasta de 2000 % (Cuadros 16 y 17).

Perspectivas de la sostenibilidad de la tecnología

Las condiciones de extrema pobreza (Mapa de pobreza del Perú, 1999), que afecta al agricultor altoandino, exigen respuestas rápidas y viables del sector científico y tecnológico, que le permitan mejorar la rentabilidad de sus cultivos tradicionales. El incremento de rendimiento, que es desde 37 % hasta 100 %, y rentabilidad del cultivo de ulluco que varía desde US\$ 1200 hasta más de US\$ 1 500 (dólares americanos) por hectárea, por el uso de tubérculos-semilla de alta calidad, generan posibilidades de sostenibilidad de la tecnología desarrollada, proyectándose que estos le permitirían al agricultor disminuir sus áreas de cultivo sin reducir su producción y rentabilidad, racionalizar el uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos y sin afectar gravemente el ecosistema. Porque la disminución del área cultivada y la racionalización del uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos incrementan el área de terrenos en descanso, el periodo de descanso, disminuyen la presión de producción sobre el suelo, permite la recuperación de la fertilidad natural del suelo y la producción de tubérculos inocuos.

Cuadro 16. Presupuesto parcial (en US \$) y análisis marginal de la adopción de uso de semilla de alta calidad de ulluco cv. Jaspeado, en campos comerciales. Concepción, Junín, Perú. Campaña Agrícola 2001-2002

Variables	Campo comparativo		Campo comparativo	
	Parcela agricultor A ¹	Parcela Línea de Acción ²	Parcela agricultor B ¹	Parcela Línea de Acción
Mano de obra	768.64	973.89	779.72	971.75
Insumos	210.72	254.44	202.14	272.03
Materiales	58.33	50.00	50.00	33.33
Maquinaria	0.00	0.00	0.00	0.00
Total de costos de capital	269.06	304.44	252.14	305.36
Intereses al costo de capital ³	83.94	94.97	78.67	95.28
Total de costos que varían	1,121.67	1,373.31	1,110.50	1,372.39
Rendimiento 1ra (kg/ha)	8,109.00	16,459.20	6,633.00	16,149.40
Precio de venta 1ra	0.10	0.10	0.11	0.11
Total venta 1ra	788.39	1,600.19	737.00	1,794.39
Rendimiento 2da (kg/ha)	3,366.00	7,743.60	2,758.50	3,673.10
Precio de venta 2da	0.06	0.06	0.07	0.07
Total venta 2da	187.00	430.19	191.56	255.08
Rendimiento 3ra (kg/ha) (semilla)	2,130.00	5,214.00	1,735.00	2,775.00
Precio de venta 3ra (semilla)	0.07	0.17	0.07	0.17
Total venta 3ra (semilla)	147.92	869.00	120.50	462.50
Rendimiento de dañados (kg/ha)	3,482.00	3,623.00	6,405.00	8,731.30
Precio de venta dañados	0.003	0.003	0.003	0.003
Total venta dañado	9.67	10.06	17.81	24.25
Rendimiento total (kg/ha)	17,087.00	33,039.80	17,531.50	31,328.80
Total beneficios brutos	1,132.97	2,909.47	1,066.83	2,536.19
Total beneficios netos	11.31	1,536.17	-43.67	1,163.81
Costo marginal	251.64	261.89		
Beneficio marginal	1,524.86	1,207.47		
Tasa de retorno marginal (%)	606	461		

¹ Parcela del Agricultor: Área sembrada con tubérculos-semilla del agricultor, cv. Jaspeado.

² Parcela Línea de Acción: Área sembrada con tubérculos-semilla de alta calidad, cv. Jaspeado.

³ Tiempo de duración del cultivo 12 meses, e interés mensual 2.6 %.

Cuadro 17. Análisis de sensibilidad (en US\$) de la adopción del uso de semilla de alta calidad de ulluco cv. Jaspeado. Concepción, Junín, Perú. Campaña Agrícola 2001-2002

Supuesto	Semilla	Costos variables	Beneficios brutos	Beneficios netos	Tasa marginal de retorno (%)
Reducción de la prod. en 30 %	Semilla agricultor	1,116.08	769.94	-346.17	342
	Semilla de alta calidad	1,372.86	1,905.97	533.14	
Incremento tasa de interés a 3 %	Semilla agricultor	1,147.36	1,099.89	-49.72	520
	Semilla de alta calidad	1,409.44	2,722.83	1,313.39	
Disminución precio/kg en US\$ 0.04	Semilla agricultor	1,116.08	584.67	-531.42	311
	Semilla de alta calidad	1,372.86	1,639.19	266.36	
Incremento precio/kg en US\$ 0.03	Semilla agricultor	1,116.08	1,443.39	327.31	2,290
	Semilla de alta calidad	1,192.31	3,445.25	2,072.42	

Se debe tener en cuenta que el mercado de ulluco es pequeño, equivalente al 10% del mercado de papa. Su consumo per cápita es de 0.87 kg. Su demanda es muy sectorizada concentrándose en los sectores económicos C y D, poco en el sector B y casi nulo en el sector A. Consecuentemente, si el mercado no se desarrolla, éste se constituye en el principal obstáculo para la sostenibilidad. Asimismo, se debe poner énfasis en la organización de los productores en microempresas que pueden ser de producción de semilla de alta calidad y de producción comercial, y a la planificación de la producción por zonas productoras, para el escalonamiento de la producción.

Referencias bibliográficas

- Anguerre, J.; J. Toledo; U. Jayasinghe; R. Estrada. 1992. Incidencia de virus en colecciones de germoplasma de *Ullucus tuberosus* Loz. del Perú y Ecuador. Congreso Peruano de Fitopatología, XII, Arequipa, Perú, Agosto 19-22, 1992.
- Arbizu, C.; M. Tapia. 1992. Tubérculo andinos, p. 147-161. En: J.E. Hernández; J. León (eds.). Cultivos marginados: Otra perspectiva de 1492. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Jardín Botánico de Córdoba, España.
- Arcila, M. 1992. Estudio agronómico del cultivo del ulluco (*Ullucus tuberosus*) en el departamento de Nariño. Instituto Colombiano Agropecuario. Pasto, Colombia. 12 p.
- Bryan, J.; M. Jackson; N. Meléndez, 1981. Técnicas de multiplicación rápida de papa. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 20 p.
- Canahua, A. 1994. Influencia de la calidad de semilla en la productividad de cultivos alto-andinos: papa, quinua, kañiwa y tubérculos menores. Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos, VIII, Valdivia, Chile, Marzo 21-26, 1994. p. 22.
- Castelo, A.; R. Mejía. 1995. Tecnología de producción de semilla de tubérculos andinos. Programa Nacional de Investigación en Cultivos Andinos - Instituto Nacional de Investigación Agraria, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Cultivos Andinos 5(1):21.
- Castillo, R.; M. Tapia. 1998. Ulluco / Melloco (*Ullucus tuberosus* Caldas). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador. 76 p.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1994. Program Report 1993-1994. International Potato Center, Lima, Perú. p. 118.
- Corporación de Desarrollo de La Libertad: Junta de Acuerdo de Cartagena. 1988. Cultivos autóctonos: Revalorización y uso. Corporación de Desarrollo de La Libertad. Junta de Acuerdo de Cartagena. Trujillo, Perú. 81 p.
- Duque, L.; M. Hermann. 1994. Erradicación de virus en melloco (*Ullucus tuberosus* Caldas). Sociedad Ecuatoriana de Fitopatología 3(6):1-3.
- Estrada, R.; W. Manyá; C. Pulache; H. Sánchez; T. Yonamine. 1986. Maintenance, micropropagation, and seed production of the Andean tuber crops: Oca, olluco and mashua. International Congress of Plant Tissue and Cell Culture, VI, Minneapolis, USA, Aug. 3-8, 1986. p. 103.
- Garay, O.; M. Tapia 1991. Cultivo. En: L. Pietila; M. Tapia, (eds.). Investigaciones sobre ulluku. Abo Akademi Kopieringscentral, Turku, Finlandia. p. 35-42.
- Garay, O. 1995. Mejoramiento de olluco por selección positiva. Informe Técnico 1994-95, Proyecto R3-002b, Programa Colaborativo de Raíces y Tubérculos Andinos. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. Mimeo. 18 p.
- Granados, C.; B. Escalante. 1997. Limpieza, manejo y conservación in vitro de germoplasma de olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas), oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* R. et P.) y papas nativas (*Solanum tuberosum* subsp. andigena). IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos, Abril 22-25, 1997. Cusco, Perú. p. 16.
- Hidalgo, O.; J. L. Marca. 1996. Producción de semilla básica de raíces y tubérculos andinos (RTA) mediante métodos de multiplicación acelerada. Informe Técnico 1995 - 1996, Proyecto R4 - 012, Programa Colaborativo de Raíces y Tubérculos Andinos. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. Mimeo, 16 p.
- Hidalgo, O.; J. L. Marca. 1997. Producción de semilla prebásica de olluco, oca y mashua usando métodos de multiplicación acelerada. IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Abril 22-25, 1997. Cusco, Perú. p. 31.
- Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. 1987. Memoria Anual: 1986. Estación Experimental Agropecuaria Santa Ana. Huancayo, Perú.

- Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. Huancayo, Perú. 425 p.
- Lescano, J. 1987. Investigación en tubérculos, p. 84-104. En: M. Tapia (ed.). Avances en las investigaciones sobre tubérculos alimenticios de los Andes. 2da ed. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial, Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional, Programa de Investigación en Sistemas Agropecuarios Andinos. Lima, Perú.
- Lizárraga, C.; M. Santa Cruz; G. López.; S. Fuentes. 2001. Effect of viruses UMV, UVC, PapMV-U, and PLRV on Ulluco Production and their Control, p. 381–389. In: International Potato Center. Scientist and farmer; Partners in research for the 21st century, Program Report, 1999–2000. International Potato Center. Lima, Perú.
- Mamani, E. 1999. Diagnóstico socio económico de las comunidades campesinas de La Libertad y Chicche. Programa Colaborativo de Conservación de Raíces y Tubérculos Andinos, Huancayo, Perú. Mimeo. 32 p.
- Marca, J.; O. Hidalgo. 1995. Multiplicación acelerada para la producción de semilla básica de olluco, oca y mashua. UNSCH, Cultivos Andinos 5(1):2.
- Ministerio de Agricultura (MINAG). 1999. Estadísticas Agrarias. Ministerio de Agricultura del Perú, Oficina de Información Agraria, Lima, Perú, np. URL <http://www.minag.gob.pe/estadisticasagrarias/olluco>.
- Monteros, C. 1993. Producción de semilla de melloco (*Ullucus tuberosus* Loz) en comunidades campesinas de la Sierra Ecuatoriana. p. 17-21. En: C. Nieto y M. Aguilar (eds.). Proyecto biodiversidad de raíces y tubérculos andinos (RTA's). Resumen de las actividades ejecutadas durante 1993 en Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador.
- Programa Colaborativo Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos. 1995. Memorias 1993 – 1994. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 322 p.
- Programa Colaborativo Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos. 1996. Memorias 1994– 1995. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 370 p.
- Terrazas, F.; S. Gonzáles; P. Condori; I. Quispe. 1993. Tubérculos andinos en la zona de Independencia: Diagnóstico multidisciplinario. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, Programa de Investigación de la Papa. Cochabamba, Bolivia. 43 p.
- Toledo, J.; U. Jayasinghe. 1990. Identificación y separación de tres virus que infectan *Ullucus tuberosus* Loz. XI Congreso Peruano de Fitopatología, Marzo 4-9, 1990. Lima, Perú,
- Toledo, J.; U. Jayasinghe. 1991. Estudios preliminares sobre enfermedades virales en *Ullucus tuberosus*. VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos, Feb. 4-8, 1991. La Paz, Bolivia. p. 8.
- Toledo, J.; U. Jayasinghe; J. Anguerre; R. Estrada; M. Hermann. 1992. Avances en los estudios de cuatro virus que infectan *Ullucus tuberosus*. XII Congreso Peruano de Fitopatología. Agosto 2-7, 1992. Arequipa, Perú. 1 p.
- Toledo, J.; U. Jayasinghe. 1992. Estudios sobre la distribución de cuatro virus en *Ullucus tuberosus* Loz. X Congreso Nacional de Biología, Agosto. 18-22, 1992. Lima, Perú. p. 63.
- Toledo, J.; J. Anguerre; U. Jayasinghe; R. Estrada. 1993. Evaluation of virus infection in *Ullucus*. III Reunión Científica, Diciembre 14-17, 1993. Lima, Perú. p. 87.
- Toledo, J.; S. Fuentes; W. Roca. 2001. Obtención de plantas libres de virus de ulluco. X X Congreso Internacional de Cultivos Andinos, Julio 4–7, 2001. Jujuy, Argentina. p. 21.
- Villaroel, Z. 1997. Diversidad biológica, flujos de semilla y destino de la producción de oca (*Oxalis tuberosa*), papalisa (*Ullucus tuberosus*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*) en la Comunidad Pocanche, Provincia de Ayopaya del Departamento de Cochabamba. Universidad Técnica de Oruro. Oruro, Bolivia. 180 p.
- Villavicencio, A. 1999. Distribución y reinfección de virus del olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) en la Sierra Central. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú. 58 p.