

Capítulo III

Producción Agroecológica y Limpieza de Virus de Melloco

Carlos Caicedo, Laura Muñoz, Alvaro Monteros, César Tapia

Introducción

Los estudios descritos en el capítulo anterior sobre la diversidad genética presente en las colecciones de germoplasma de las RTAs son conocidos como premejoramiento. Estos estudios han sido la base fundamental para efectivizar los procesos de mejoramiento de estas especies infrautilizadas. La identificación de morfotipos y el establecimiento de una colección nuclear de melloco ha sido el punto de partida para el proceso de mejoramiento de esta especie. Es así cómo los procesos de recolección de germoplasma de melloco en los inicios de los años ochenta y su caracterización y evaluación agronómica permitieron al programa de mejoramiento iniciar un proceso de selección y evaluación de materiales, en un esfuerzo de aproximadamente 10 años. Al considerar que el melloco rara vez forma semilla (sexual) y, si lo hace, es en forma muy deficiente o produce bajo condiciones especiales, se utilizó como metodología de mejoramiento genético la selección clonal o asexual. Los estudios de mejoramiento genético, agronómico y de manejo de melloco permitieron la identificación de 10 clones promisorios de melloco. El proceso continuó con el estudio de adaptación de seis clones promisorios en diferentes ambientes de la sierra ecuatoriana. Además, se llevó a cabo un estudio de aceptación de melloco en 11 mercados del Ecuador, una vez que consideramos que, a mayor uso de los cultivos tradicionales, se fomenta también la conservación de los mismos. Este esfuerzo culminó con el lanzamiento en una primera fase de dos variedades, INIAP Puca e INIAP-Quillu, y posteriormente el lanzamiento de la variedad INIAP-Caramelo.

Uno de los factores limitantes para la producción y la expansión del cultivo de melloco en el Ecuador está en

el uso de tubérculos-semilla de baja calidad, lo cual incide en rendimientos bajos; también este parece ser el caso general para otros cultivos andinos. En este contexto, la presencia de hongos, bacterias y virus en los RTAs que son diseminados por las semillas ha sido una de las causas para la desaparición de valiosos genotipos en el campo. Con estos antecedentes, se consideró necesario realizar un proceso de limpieza viral, como alternativa económica para las comunidades del sector Las Huaconas. Mediante la limpieza viral se pretendió obtener semilla de mejor calidad, la cual incidiría en un incremento en la producción de melloco.

Mejoramiento de la producción de Melloco en Ecuador

Importancia y limitantes

El melloco en Ecuador es el segundo tubérculo en importancia, después de la papa. Es parte de la alimentación de una gran mayoría de la población ecuatoriana, tanto en zonas urbanas como en las rurales; además, el follaje del melloco es consumido especialmente por el ganado vacuno y constituye un componente de varios agroecosistemas.

El melloco es apreciado por los nativos andinos por ser especie resistente a las heladas, y aventaja a las otras plantas andinas productoras de tubérculos; por tanto, se le puede sembrar en diversidad de sitios. Además, es una especie que produce alto rendimiento en número de tubérculos por planta, y porque este tubérculo constituye un buen alimento andino, sobre todo durante las épocas de escasez de papas por causas de heladas y sequía (Acosta, 1978).

El rango de adaptación de esta especie está entre los 2 600 y los 3 800 msnm, por lo que existen grandes

posibilidades de producción de este tubérculo en zonas altas del país, donde difícilmente prosperan otros cultivos. Además, es una alternativa de asociación y rotación de otros cultivos, como cereales, leguminosas, otros tubérculos, ayuda a la conservación de suelos y no requiere de una excesiva utilización de pesticidas; utiliza la mano de obra familiar y el excedente de la producción genera un ingreso adicional a la familia, mientras que su consumo es a nivel nacional.

El melloco crece como cultivo de autoconsumo y también se lo produce principalmente para los mercados; los agricultores ecuatorianos lo consideran como un cultivo rentable. Así, sus incrementos en el rendimiento pueden beneficiar la dieta y la situación económica de los agricultores andinos. Peralta *et al.*, (1991) indican que el melloco, a pesar de no tener una relevante calidad nutritiva, es muy recomendable como complemento alimenticio, sobre todo por su contenido de minerales y vitaminas.

Además, se conoce que en Ecuador se ha observado una diversidad de preferencias por el color, el contenido de mucílago y la forma de tubérculos. La demanda es por mellocos amarillos, rojos, blancos jaspeados, rosados, etc., los que son utilizados más comúnmente como ensaladas frías, en sopas y cocinado con habas (Vimos, *et al.*, 1993).

Según el INEC (1990-1995), en la sierra ecuatoriana, en los últimos seis años, se sembraron entre 500 ha y 1 070 ha de melloco, cuyos rendimientos estuvieron entre 2,06 y 3,17 t/ha. Esta variabilidad de rendimiento y sus niveles bajos posiblemente nos reflejan los problemas de baja producción que tiene este cultivo.

El INIAP, a través del Programa de Cultivos Andinos, desde hace una década ha realizado varios estudios acerca de este tubérculo, en las áreas de mejoramiento, agronomía, post-producción y en la promoción de *sus bondades*. A partir de 1993, estos estudios se reforzaron con el apoyo financiero del Programa Colaborativo de Biodiversidad de RTAs.

Variedades de melloco

El Programa de Cultivos Andinos del INIAP ha priorizado, en sus investigaciones, a este cultivo. Desde 1980, emprendió un plan de recolección de germoplasma nativo, y después, a partir de 1983, se realizó la caracterización y la evaluación agronómica de este material, más el germoplasma introducido de Perú y Bolivia.

Al cabo de unos 10 años de estudios sobre mejoramiento genético, agronomía y manejo, se

disponían de seis clones promisorios de melloco. Se procedió a analizar la estabilidad y la adaptación de los clones promisorios en diferentes ambientes y la aceptación en 11 mercados del Ecuador. Esto permitió la identificación de dos clones promisorios, que fueron entregados a los agricultores como variedades mejoradas, con los nombres de INIAP-Puca e INIAP-Quillu, y posteriormente se entregó la variedad INIAP-Caramelo.

La caracterización consistió en la selección de individuos con características agronómicas sobresalientes, tales como precocidad, contenido de mucílago, tolerancia a plagas y enfermedades y rendimiento. El o los individuos seleccionados (materiales promisorios) siguieron sometidos a evaluación y multiplicación en los campos de la estación experimental, en parcelas de tres surcos (surcos triples). En la fase siguiente, los materiales promisorios pasaron a ensayos de rendimiento con diseño experimental, tanto en Santa Catalina como en localidades contrastantes, con el objeto de identificar materiales estables y consistentes en diferentes ambientes. Finalmente, y una vez identificados los mejores materiales, éstos fueron liberados como variedades mejoradas. Es importante destacar que, en este proceso, participaron los agricultores y desempeñó un papel importante la demanda por parte de los consumidores.

Las principales variables evaluadas fueron:

Agronómicas

- Hábito de crecimiento.
- Altura de planta.
- Rendimiento de tubérculos.

Fisiológicas

- Días a la emergencia de plántulas.
- Días a la floración.
- Días a la tuberización.
- Días a la cosecha.
- Periodo de reposo de los tubérculos.

Adaptación

- Tolerancia a plagas foliares y del tubérculo.
- Tolerancia a enfermedades foliares y del tubérculo.
- Tolerancia a heladas.
- Tolerancia a granizadas.

Calidad

- Color de tubérculos.
- Contenido de mucílago.
- Tamaño de tubérculos.
- Forma de los tubérculos.
- Valor nutritivo de los tubérculos.
- Verdeamiento del tubérculo a nivel de campo.

Para el cálculo de los parámetros de estabilidad, se siguió el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966). Se utilizaron los datos de rendimiento de tubérculos de los seis clones, evaluados en nueve ambientes (localidades y/o años). Es decir, que, en estas nueve localidades, se consiguió la información completa de seis clones para analizar los parámetros de estabilidad. En realidad, estos clones fueron evaluados en más localidades y/o años, lo que permitió completar la información del potencial de adaptación y de rendimiento en ambientes diferentes.

Además, se analizó las preferencias de los consumidores de melloco por el color, el tamaño, la forma del tubérculo y el problema del mucílago, en once mercados correspondientes a cuatro ciudades de tres provincias de las regiones Sierra y Costa ecuatorianas. La población encuestada fue de 254 personas, cuyo 76 % corresponde al género femenino. Las tres variedades tienen las características deseadas por la mayoría de la población consumidora.

Origen de las variedades

Variedad INIAP-Puca. Recolectada en la localidad de Pambamarca, parroquia Otón, cantón Cayambe, provincia de Pichincha, en 1983, cuya identificación inicial fue ECU-791.

En 1987, fue seleccionado como clon promisorio e incluido en el grupo de clones promisorios y sometido a pruebas de adaptación en varios ambientes. En 1993, se entregó como variedad mejorada, con la denominación de "INIAP-Puca"

Variedad INIAP-Quillu. Esta variedad se obtuvo a partir de la recolección realizada en la parroquia Chilligallo, cantón Quito, provincia de Pichincha, en 1983, cuya identificación en el banco de germoplasma del INIAP es ECU-831. A partir de 1987, se seleccionó como clon promisorio y se incluyó en el grupo de materiales promisorios, los que fueron sometidos a pruebas de adaptación en varios ambientes. En 1993, se decidió entregar como variedad mejorada con la denominación de "INIAP-Quillu".

Los nombres de las variedades fueron escogidos por los agricultores y corresponden a la denominación en quichua que reciben los colores de los tubérculos de las dos variedades: rojo (Puca) y amarillo (Quillu), y se pretende que estos nombres ayuden a la promoción de la producción.

Variedad INIAP-Caramelo. La variedad INIAP-Caramelo fue seleccionada por el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Andinos (PNRTA), a partir de

Cuadro 3.1. Características morfológicas de tres variedades de melloco

CARÁCTER	INIAP-Puca	INIAP-Quillu	INIAP-Caramelo**
Hábito de crecimiento a la floración	Erecto	Erecto	Erecto
Color de tallo a la floración	Púrpura	Verde-púrpura	Verde oscuro
Sección transversal del tallo a la floración	Pentagonal	Pentagonal	Pentagonal
Color de planta a la floración	Verde-púrpura	Verde	Verde oscuro
Forma de la hoja a la floración	Semireniforme	Semireniforme	Semireniforme
Color del haz a la floración	Verde-oscuro	Verde-claro	Verde oscuro
Color del envés a la floración	Verde-oscuro	Verde claro	Verde claro
Color del peciolo a la floración	Verde-púrpura	Verde	Verde
Color de los pétalos de la flor	Púrpura	Amarillo	Amarillo
Color del tubérculo	Rojo-rubí	Amarillo	Piel marfil
Pigmentación de los tubérculos	Sin pigmentos	Sin pigmentos	Rosado
Color de los brotes del tubérculo	Púrpura	Rosado-claro	Rosado-claro
Color del cilindro central	Blanco	Blanco-opaco	Blanco-opaco
Forma del tubérculo	Redondo	Ovalado	Redondo
Tamaño del tubérculo*			
Grande	1 %	9 %	33 %
Mediano	33 %	42 %	38 %
Pequeño	66 %	49 %	29 %

** Fuente: INIAP-RTAs. INIAP-Caramelo. Nueva variedad de melloco para Chimborazo. Tríptico. EESC-INIAP.

* Tubérculos grandes > 2,5 cm de diámetro. Tubérculos medianos, entre 1,5 cm y 2,5 cm de diámetro. Tubérculos pequeños < 1,5 cm de diámetro.

material colectado en la provincia de Chimborazo, el cual ingresó a un proceso de evaluación y selección de clones de melloco de color blanco jaspeado en la estación experimental Santa Catalina, durante los años 1994-1995-1996, y desde 1997 se evaluó en campos de agricultores de la zona de Las Huaconas-Chimborazo, mediante la utilización de metodologías de investigación participativa.

La variedad INIAP-Caramelo se liberó como una alternativa para los consumidores de la provincia de Chimborazo. Su característica es que sus tubérculos tienen forma redonda, el color de la piel es blanco marfil y tiene un color secundario rosado en todo el tubérculo en forma de jaspes.

Características morfológicas. En el Cuadro 3.1 se observan las principales características morfológicas que identifican a cada variedad. La diferencia más notable está en el color de la planta a la floración y de tubérculos; la variedad INIAP-Puca presenta un color verde-púrpura con tubérculos rojos, mientras que la variedad INIAP-Quillu es de color verde con tubérculos amarillos, y la variedad INIAP-Caramelo es piel marfil con color secundario rosado en todo el tubérculo en forma de jaspes. El tipo de planta a la floración es erecto para las tres variedades. En cuanto a tamaño de tubérculos, en las tres variedades predominan los tamaños medianos y pequeños.

Características agronómicas. Las variables agronómicas y de adaptación, con sus respectivos rangos y promedios, se presentan en el Cuadro 3.2.

La variedad INIAP-Puca se puede cosechar desde los 200 días hasta los 255 días, con un promedio de 228 días, y la variedad INIAP-Quillu presenta un rango de 193 días a 258 días, con un promedio de 220 días a la cosecha.

Los rendimientos van de 10 a 40,7 t/ha, en el caso de la variedad INIAP-Puca, y de 9,6 a 49,6 t/ha para la variedad INIAP-Quillu, con promedios de 19,1 y 18,2 t/ha, respectivamente; esta variabilidad de rendimientos se debería a factores climáticos y estado del suelo, que se presentaron en las diferentes localidades y años.

Mientras que la variedad INIAP-Caramelo se cosecha entre los 250 días y los 260 días, florece entre los 130 días y los 140 días, y tiene un hábito de crecimiento semirastrero. El rendimiento de esta variedad en campos de productores es de 17,6 t/ha, como promedio.

Características de calidad y nutritivas. En el Cuadro 3.3 se presenta la composición nutricional de las tres variedades de melloco, en comparación con papa, oca y zanahoria blanca. Se observa que papa y melloco presentan valores similares de proteína (8,9 % y

Cuadro 3.2. Características agronómicas y de adaptación para dos variedades de melloco en diferentes años, en la Sierra ecuatoriana

CARACTERÍSTICA	INIAP-PUCA			INIAP-QUILLU		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Días a la emergencia	27,0	43,0	35,2	27,0	35,0	31,0
Días a la floración	77,0	108,0	92,0	72,0	126,0	93,0
Días a la tuberización	95,0	147,0	122,0	92,0	138,0	116,0
Días a la cosecha	200,0	255,0	228,0	193,0	258,0	220,0
Tolerancia a <i>Agrotis</i> sp. (%)	0	15,0	7,5	0	20,0	10,0
Tolerancia a <i>Alternaria</i> sp.*	1	3		0	0	0,0
Tolerancia a heladas		Tolerante			Tolerante	
Tolerancia a granizadas		Tolerante			Tolerante	
Altura de planta, en cm	26,5	60,0	43,2	26,0	56,0	410
Rendimiento, t/ha	10,0	40,7	19,1	9,6	49,6	18,2
Plagas de tubérculos (%)**	2,0	17,7	7,9	0	16,0	6,7
Enfermedades de tubérculos (%)**	7,0	32,7	20,5	7,3	54,7	29,7
Dormancia de tubérculos (días)***			74,0			63,0
Verdeamiento en campo (%)			4,0			23,0

* Calificado en escala modificada (1-9) 1 = resistente, 9 = susceptible.

** Plagas: Cutzo (*Barotheus* sp.). Enfermedades: *Fusarium* sp. y *Cylindrocarpum* sp. Datos de plagas y enfermedades tomados a libre infección.

*** Después de la cosecha, hasta la aparición de los brotes, en almacenamiento a 10 °C.

Cuadro 3.3. Características nutritivas y de calidad de dos variedades de melloco, papa, oca y zanahoria blanca

Carácter		INIAP-Puca	INIAP-Quillu	INIAP-Caramelo	Papa	Oca	Z. blanca
Proteína	(%)	9,6	8,90	10,03	9,79	3,66	3,03
ELN	(%)*	79,53	80,28	80,79	81,79	85,24	88,54
Grasa	(%)	1,47	1,54	--	0,94	1,48	1,29
Fibra	(%)	3,35	3,25	2,23	2,64	4,42	2,85
Ceniza	(%)	6,02	5,03	5,79	4,84	5,20	4,29
Energía	(cal/g)	4 172	4 166	--	3 949	4 141	4 156
Lisina	(%)	0,37	0,36	--	0,39	--	--
Materia seca	(%)	15,4	11,1	--	22,47	26,50	27,26

Fuente: Dpto. Nutrición, INIAP (datos en base seca).

* Extracto libre de nitrógeno.

9,79 %), mientras que oca y zanahoria blanca apenas presentan valores de 3,66 % y 3,03 %, respectivamente.

Las diferencias más notables entre las variedades están en el contenido de mucílago. La variedad INIAP-Puca presenta bajo contenido de mucílago, y la variedad INIAP-Quillu es de alto contenido de mucílago (dato cualitativo, calificado de acuerdo a la cantidad y la densidad del mucílago, que brota de tubérculos cortados).

Estabilidad del rendimiento de las variedades.

Además de las características agronómicas y de calidad de tubérculos, es importante describir el comportamiento de la estabilidad de rendimiento de los clones, probados en diferentes ambientes. Las nueve localidades (diferenciadas en sitios y años), en las que se evaluaron los cuatro clones promisorios y las dos variedades, se presentan en el Cuadro 3.4.

En el Cuadro 3.5 se presentan los rendimientos de los seis clones promisorios de melloco en nueve ambientes (cinco localidades y cinco años) de la sierra ecuatoriana. Se pueden observar clones con buen potencial de

rendimiento que, en condiciones apropiadas, superan las 40 t/ha y como promedio los rendimientos están sobre las 17 t/ha. De los seis clones evaluados, fueron seleccionados como futuras variedades a los clones ECU-791 y ECU-831, porque, además de presentar buenos rendimientos, presentaron los colores de tubérculo más apetecidos por los consumidores de la parte central de la sierra ecuatoriana y otras ciudades del país: rojo y amarillo, respectivamente.

Tecnología de Producción

No existen recomendaciones técnicas específicas para el cultivo de melloco. Las tecnologías de producción que se detallan a continuación son una combinación de técnicas tomadas de cultivos como la papa, estudios realizados en melloco y experiencias de agricultores y técnicos involucrados en el cultivo de esta especie. Cabe destacar que el melloco es un cultivo de subsistencia y se lo cultiva mayormente en pequeñas fincas, en muchos casos sin uso de insumos y maquinaria, pero, de acuerdo al crecimiento de la demanda del mercado, existiría la posibilidad de producir a mayor escala.

Cuadro 3.4. Descripción de las localidades en donde se evaluó el comportamiento de las dos variedades y cuatro clones promisorios de melloco

Loc.	Provincia	Parroquia	Años	Sitio	Altitud	Observaciones
1	Pichincha	Cutuglagua	1989	Lote C1	3 058	Exceso de humedad
2	Pichincha	Cutuglagua	1990	Lote D1	3 058	Sequía, exceso de humedad, heladas
3	Chimborazo	Pungalá	1990	Gawin	3 150	Suelo franco-limoso
4	Pichincha	Cutuglagua	1991	Lote C1	3 058	
5	Imbabura	E. Espejo	1991	Cumitola	2 830	
6	Imbabura	Urcuqui	1991	Habaspamba	3 200	Hubo sequía
7	Pichincha	Cutuglagua	1992	Lote D1	3 058	Hubo sequía
8	Carchi	Huaca	1992	Cepa Huaca	2 900	Hubo heladas
9	Pichincha	Cutuglagua	1993	Lote C1	3 058	Sequía y heladas

Así mismo, las recomendaciones del cultivo de estas tres variedades es un referente para los sistemas de producción de las zonas productoras del centro norte y centro sur de la Sierra ecuatoriana.

Preparación del suelo

Es importante, para la preparación del suelo, considerar la pendiente del terreno, el cultivo precedente y el área de producción. La preparación del terreno se debe realizar con unos días de anticipación a la siembra; es recomendable arar inmediatamente después de recoger la cosecha anterior, para de esta manera facilitar la descomposición de los residuos de la cosecha y las malezas existentes en el suelo.

En pequeñas fincas, la preparación del suelo se realiza en forma manual. A mayor escala, se recomienda realizar con tractor o yunta, mediante arado y rastra y finalmente el surcado.

Épocas de siembra

En el norte de la serranía ecuatoriana, la siembra del melloco se la realiza durante todo el año, con una producción orientada al mercado y a los precios.

En las provincias de Cotopaxi y Chimborazo, zonas importantes de producción de melloco, principalmente se siembra en los meses de entre octubre y diciembre.

En Tungurahua, se prefiere sembrar entre los meses que van de agosto a septiembre.

Existe una gran variabilidad en cuanto a épocas de siembra del melloco en la provincia de Cañar, y dependencia de la zona, se puede sembrar todo el año (Chorocopte), septiembre-octubre (Yanachupilla), mayo-julio (Carshau) y agosto-septiembre (Ganshi-Quillog).

Rotación y asociación de cultivos

Se han obtenido buenos resultados con las rotaciones: haba-melloco, chocho-melloco, quinua-melloco y cereales-melloco. Es poco frecuente encontrar el melloco como monocultivo, porque sobre todo se lo observa asociado con oca y haba.

Siembra

En dependencia de la topografía del terreno, el melloco se debe sembrar en surcos distanciados entre 80 cm y 120 cm, y la distancia entre plantas puede variar entre

40 cm y 50 cm. Para realizar la siembra, hay que tener en cuenta la humedad del suelo.

Se coloca el tubérculo semilla al fondo del surco o en un costado, en suelos con exceso de humedad. Cuando los tubérculos son pequeños, se pueden sembrar dos o tres por golpe.

Densidad y profundidad de siembra

Se debe sembrar en surcos distanciados entre 80 cm y 120 cm, en dependencia de la topografía del terreno, y la distancia entre plantas puede variar entre 40 cm y 50 cm. La cantidad de semilla recomendada varía de 450 a 675 kg/ha (10 a 15 qq). No es recomendable sembrar el melloco a profundidades mayores a 10 cm, ya que se perderá la vigorosidad del brote.

Tubérculos-Semilla

Para obtener buenas producciones de melloco, es recomendable seleccionar bien los tubérculos-semilla y eliminar las plantas muy pequeñas, enfermas o laceradas. Buenos tubérculos-semilla tienen un tamaño entre 2,5 cm y 3,5 cm de diámetro.

Fertilización

Se ha observado que el melloco responde al abonamiento orgánico y existen algunas localidades donde los agricultores utilizan abono orgánico o restos de cosechas como única fuente de abonamiento. La dosis recomendada varía de 6 a 12 t/ha, según sea la fertilidad del suelo. En suelos fértiles, donde el cultivo anterior haya sido papa ("puebla de papa"), se puede sembrar melloco sin fertilización o únicamente aplicar la fertilización complementaria con urea en cobertera al primer aporque.

Aunque no es costumbre entre los agricultores de subsistencia utilizar fertilizante químico para este cultivo, sin embargo, para suelos pobres, se recomienda dosis de fertilización de 50-80-40 kg de NPK/ha aplicados a la siembra, más 45 kg de úrea aplicado al primer aporque (Vimos *et al.*, 1993).

Labores culturales

Las prácticas culturales más comunes son las deshierbas y los aporques; el campo debe mantenerse libre de malezas y las plantas se deben aporcar entre dos y tres veces durante su ciclo; esto ayuda a una mayor producción de tubérculos, siempre que se tenga el cuidado de dejar el suficiente follaje expuesto a la luz, para no afectar la función fotosintética (Vimos *et al.*, 1993).

Deshierbas

Los agricultores acostumbran a realizar tres deshierbas y dos aporques. El melloco después de la siembra, demora en emerger del suelo entre 1 mes y 1.5 meses, por lo cual se recomienda la primera deshierba a los dos meses; la segunda, a los cuatro o cinco meses, y la tercera, entre el sexto y el séptimo mes. Los aporques generalmente se efectúan después de las deshierbas (Arcila, 1992).

También se menciona que son necesarias de dos a tres deshierbas, así como tres aporques durante el período vegetativo (Delgado, 1981).

Aporques

El número de aporques en melloco, en Ecuador, varía de acuerdo a la zona en la que se encuentre el cultivo (Cuadro 3.6) (Peralta, 1991).

Cuadro 3.6. Frecuencia de aporques en las zonas norte, centro y sur de la Sierra ecuatoriana

No. Aporques	ZONA NORTE %	CENTRAL %	SUR %
1	55	62	35
2	41	23	19
3	4	15	23
Sin respuesta	--	--	23

Estudios sobre aporques en melloco realizados por el Programa de Cultivos Andinos determinaron que, conforme se aumenta el número de aporques, se incrementa el ciclo vegetativo del cultivo y se controló mejor el ataque de plagas y enfermedades. De igual manera, se pudo constatar que, con el incremento en el número de los aporques, se incrementa también el tamaño de los tubérculos, sin ser significativos los incrementos en el rendimiento, razón por la cual, después de realizado un análisis de Presupuesto Parcial, se concluyó que resulta beneficioso, en el aspecto agronómico y económico, realizar durante el ciclo del cultivo un rascadillo y una aplicación de Nitrógeno complementario a los 60 días de emergencia, un aporque a los 90 días y un último aporque a los 120 días; en éste último, se debe tomar muy en cuenta la "coronada" de la planta, que consiste en cubrir con tierra los delgados estolones que nacen de la parte inferior del tallo y que también producirán tubérculos, los cuales, si no se los cubre, no alcanzarán un tamaño comercial al final del cultivo.

Problemas fitosanitarios

Enfermedades. El melloco presenta pocas enfermedades foliares, por lo cual es común ver una planta con hojas lustrosas y de buen aspecto; sin embargo, existen referencias del ataque de hongos debido a *Fusarium* sp., cuyos síntomas se observan en tubérculos y raíces, como lesiones hundidas y agrietadas, sobre las cuales se forman masas fungales blanquecinas, y las podredumbres son de aspecto seco.

La mancha de la hoja, causada por *Alternaria* spp., sobre la lámina foliar se desarrollan manchas hundidas concéntricas con varias tonalidades de café claro a café oscuro, de 0,5 cm a 3,0 cm de diámetro. Las manchas amarillas de la hoja, ocasionadas por *Cladosporium* spp., que son manchas amarillo pálidas en el haz, mientras que, en el envés, se forma un moho verde oliva; el tejido afectado se descompone, las hojas se enrollan y caen, y en casos graves se produce marchitamiento general (López, 1986).

Otros autores atribuyen también a *Phoma* sp., *Alternaria alternata* como agentes causantes de manchas foliares y a *Ascochyta* sp., *Aecidium* sp. como agentes patógenos de roya.

A nivel de tubérculos y raíces, es frecuente encontrar:

Phoma sp., *Pythium tracheiphylum*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizopus* sp., *Hypochnus* sp. son los agentes causantes de pudrición.

Thielaviopsis basicola, *Pseudomonas fluorescens* Biot II producen manchas en el tubérculo, y *Erwinia carotovora* causa la pudrición blanda.

En cuanto a virus, se determinó la presencia de partículas virales del tipo *Potyvirus* y *Tobacovirus* (Barrantes, 1984).

Invariablemente, se encuentran propagados, en las tierras altas de Perú y Bolivia, cuatro complejos de virus:

- Una deformación del *Papaya mosaic virus* (PMV).
- Un recientemente reconocido potyvirus, denominado *Ullucus mosaic virus* (UMV).
- Un virus serológicamente relacionado con el *Tobamovirus* (TMV).
- *Ullucus virus C* (UVC) (5).

Plagas. El melloco es atacado por varios tipos de larvas de lepidópteros, las que, salvo raras excepciones, no son de importancia cuando el ataque es a la planta, por la gran capacidad de rebrote que tiene el melloco. Pero cuando el ataque es al tubérculo, se observa

disminución de la producción, por la pérdida de la calidad comercial de los tubérculos atacados (tubérculos agrietados o con orificios) (Vimos *et al.*, 1993).

Comúnmente, el melloco es atacado por gusano cortador (*Copitarsia turbata*), cuyos daños son causados por las larvas que trozan las plantas pequeñas o cortan las hojas y que suelen esconderse durante el día, ya sea en el follaje o en la base de la planta, y que salen por la noche en busca de alimento; el cutzo (*Barotheus* spp.), cuyas larvas mastican las raíces y los tubérculos, los cuales presentan cavidades y perforaciones características; cuando el ataque es severo, destruyen totalmente al tubérculo; el minador de la hoja, insecto del orden Díptero, familia Agromycidae, cuyas larvas minan las hojas al alimentarse de las mismas.

Control de plagas y enfermedades

Cuando el ataque de plagas es muy severo y se prevé que habrá daño económico, se puede realizar un control químico, mediante la utilización de insecticidas de baja toxicidad. En la mayoría de casos, estas plagas pueden ser controladas con enemigos naturales, como una pequeña avispa del orden Hymenoptera que las parasita (Ruales *et al.*, 1983).

Las enfermedades del melloco no reportan perjuicios económicos; por lo tanto, hasta el momento no se recomienda el uso de productos químicos; más bien se podría sugerir que se coseche anticipadamente el cultivo (cuando el follaje esté en madurez fisiológica, amarillento, pero no seco en su totalidad, para evitar la incidencia de patógenos causantes de las manchas en los tubérculos, como (*Thielaviopsis basicola*). Otra manera de prevenir las enfermedades del melloco es utilizar semilla seleccionada, fertilización adecuada, labores culturales oportunas y eliminación de plantas enfermas.

Control de malezas

El control de malezas se realiza en forma conjunta con las labores de rascadillo y aporque. A nivel de comunidades campesinas, que son las principales productoras de melloco, no es necesario el control químico de las malezas, ya que se dispone de mano de obra suficiente para controlarlas.

Cosecha

La cosecha del melloco se la realiza manualmente, una vez que las plantas presentan envejecimiento general del follaje (amarillamiento generalizado). Esta labor debe ser oportuna para evitar que los tubérculos expuestos

tomen una coloración verde o negra, por efecto de los rayos solares, lo que les hace perder la calidad comercial; aunque, a diferencia de lo que ocurre en papa, estos tubérculos no presentan mal sabor al ser consumidos (Vimos *et al.*, 1993).

Una alternativa para la cosecha de melloco, en vista de la escasez de mano de obra, la constituye la cosechadora mecánica *HASSIA*, con un porcentaje de eficiencia del 78,1% y un tiempo empleado para cosechar de 8.2 horas/ha. Este sistema mecanizado de cosecha podría ser recomendado para parcelas de producción grandes que presenten las características adecuadas, especialmente pendientes poco pronunciadas y tamaño de tubérculo mediano-grande (>2.5 cm de diámetro) (INIAP, 1995).

Limpieza viral en clones promisorios de mayor aceptabilidad de melloco

Uno de los factores limitantes para la producción y la expansión del cultivo de melloco radica en el uso de tubérculos-semilla de baja calidad. La presencia de hongos, bacterias y virus, los cuales son transmitidos por las semillas, inciden en rendimientos bajos y han llevado a la desaparición de valiosos genotipos (Duque, 1994). Por lo dicho, se justificó realizar una limpieza viral a materiales promisorios de melloco, para obtener una mejor calidad de semilla y lograr un incremento en la producción de este cultivo, además de mantener la variabilidad genética existente, puesto que muchos cultivares locales se pierden por problemas relacionados con baja calidad de semilla.

En cuanto a los virus que atacan al melloco, se han reportado cuatro tipos diferentes: UMV (Potyvirus del mosaico del ulluco), UVC (Comovirus C del ulluco), PapMV-U (Potexvirus del mosaico de la papaya variante *Ullucus*) y UMMV (Tobamovirus del moteado suave del ulluco) (Brunt *et al.*, citados por Lizárraga *et al.*, 1999). Sin embargo, en la actualidad se conoce un total de ocho virus que infectan a este cultivo (Lizárraga *et al.*, 1999). Diversos estudios de limpieza viral, que incluyeron la evaluación de variedades y la aplicación de diferentes protocolos en los tratamientos de termoterapia y cultivo de meristemas, permitieron afinar la técnica de erradicación de virus en melloco (Duque, 1994; Guerrero, 1998).

Con estos antecedentes, el objetivo principal de esta línea de acción fue el de obtener material libre de virus en melloco, a partir de clones promisorios y de mayor aceptabilidad. Para conseguir este objetivo, fue necesario realizar diferentes pasos: primero, determinar

si la presencia de infección viral era importante en los campos de melloco de los agricultores de Las Huaconas; segundo, erradicación de virus en materiales promisorios y de mayor aceptabilidad de melloco; tercero, determinar los índices de recontaminación de clones de melloco libres de virus, y, cuarto, proveer la distribución de semilla de melloco de alta calidad fitosanitaria para uso en el área de influencia de Las Huaconas.

A continuación se resumen las experiencias de esta línea de acción; se incluyen los logros y los problemas que se encontraron en el proceso.

Esquema empleado para la obtención de cultivares de melloco libre de virus

Recolección de muestras en campo de agricultores y determinación de la incidencia viral.

En una primera instancia, era necesario conocer la incidencia de los virus en los campos de los agricultores que producen melloco. Con este fin, se realizó un muestreo en las diferentes comunidades de Las Huaconas, para determinar la presencia o la ausencia de virus en los cultivares locales que manejan los agricultores. Se procedió a la recolección del material en diferentes parroquias correspondientes al cantón Colta, de la provincia de Chimborazo, donde se encuentran ubicadas las comunidades de Las Huaconas. Las ocho localidades muestreadas fueron Santa Rosa de Culluctús, San Francisco, San Bartolo de Rayoloma, Guangopud, Tepec Gatazo, Lirio, Huacona La Merced y Huacona San José. Se empleó la prueba serológica de ELISA para la detección de virus en las muestras. Más detalle sobre la metodología de colecta y la evaluación mediante la técnica ELISA se ha incluido en el recuadro adjunto.

La prueba ELISA correspondiente a materiales provenientes de 19 agricultores de las diferentes comunidades de Las Huaconas indicaron que el mayor porcentaje de incidencia viral (88 %) correspondió a la comunidad Sta. Rosa de Culluctús, seguido por la comunidad Guangopud y La Merced, con un 50 % y un 47 % de incidencia, respectivamente. Contrariamente, las comunidades Lirio y Huacona San José, donde siembran variedad *Puca* y melloco *caramelo*, no presenta virus. Los lotes con mayor incidencia de virus correspondieron a la comunidad Huacona La Merced, con un 100% de infección para el virus PLRV. Se observa, además, que todos los lotes de esta localidad presentan la infección de hasta cuatro virus, que corresponden a PapMV-U, APLV-U, PLRV y TMV-U en porcentajes que van del 6 % al 100 % de infección. Estos resultados corroboran lo reportado por Toledo y Jayasinghe, citados por Duque (1994), quienes encontraron un 80% de infección viral y la presencia de más de un virus en condiciones de campo.

En lo referente a incidencia viral, en las comunidades de Las Huaconas, el virus PLRV fue el de mayor incidencia, con un 84 %, seguido por APLV-U, con un 68 %; TMV-U, con un 63 %, y PapMV-U, con 53 %. Los virus que presentaron menor incidencia fueron UVC, con 11 %, y AVA, con 5 %. Con relación a los virus de mayor distribución en los campos de melloco de los agricultores de Las Huaconas, son el PapMV-U, el APLV y el PLRV, presentes en seis localidades de las ocho muestreadas, al contrario del virus AVA, presente sólo en Santa Rosa de Culluctús, aunque con una mínima incidencia (17 %) (Ver Figura 3.1 y 3.2).

Recolección de muestras en campo de agricultores y pruebas DAS-ELISA

La toma de muestras fue al azar y en función de la superficie sembrada (45 muestras/ha aprox.). El muestreo consistió en tomar una hoja de la parte basal, la media y la otra apical de una planta. Estas muestras fueron colocadas a -20°C en el laboratorio para su posterior evaluación serológica, mediante la técnica DAS-ELISA (*Enzyme Link Immunosorbent Assay*). Se probaron ocho virus para cada muestra colectada en cada localidad.

La prueba serológica de ELISA es una técnica de gran sensibilidad, producida por la reacción *in vitro* entre antígeno: virus; y el anticuerpo: inmunoglobulina específica para el virus por identificar en

plantas. Esta técnica se basó en protocolos proporcionados por el Centro Internacional de la Papa (CIP)-Lima, así como también en la disponibilidad de los antisueros.

La técnica serológica fue utilizada para los siguientes virus en melloco: UMV, potyvirus del mosaico del ulluco; UVC, comovirus C del ulluco; TMV, tobamovirus del mosaico del tabaco; PPMV-U, potexvirus del mosaico de la papaya variante ulluco; APLV-U, tymovirus andino latente de la papa variante ulluco; PRLV, luteovirus del enrollamiento de la papa; PVT, trichovirus T de la papa, y AVA, nepovirus A de la arracacha.

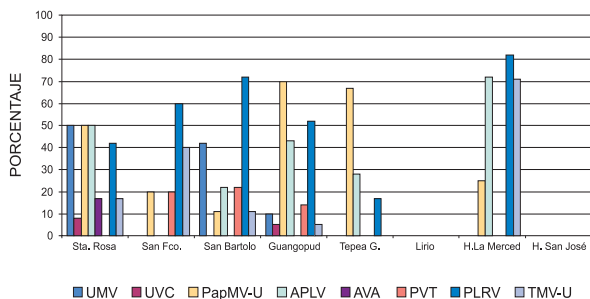


Figura 3.1. Porcentaje detectado de infección viral en lotes de melloco de Las Huaconas, mediante DAS-ELISA, de acuerdo a la localidad.

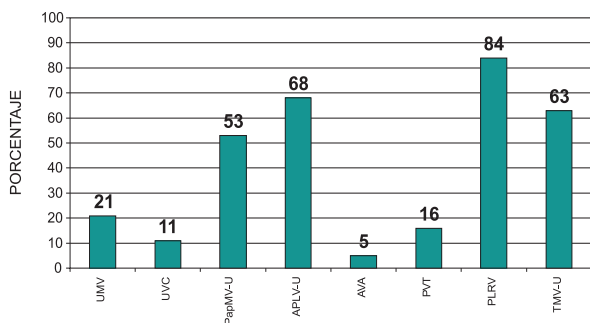


Figura 3.2. Porcentaje de incidencia de los ocho virus indexados en localidades de Las Huaconas (Junio, 1999).

Sobre la base de estos resultados, se determinó que, efectivamente, los virus son un problema que existía en las comunidades de Las Huaconas y que se constituían en una de las causas del bajo rendimiento del cultivo. Ahora, era necesario identificar los materiales que se debían emplear para la eliminación de virus.

Determinación de clones de melloco representativos para la eliminación de virus. Los esfuerzos de erradicación de virus se centraron en dos morfotipos sembrados en la zona en estudio, los cuales corresponden al blanco-jaspeado y al rosado-largo (Cuadro 3.7). Estos clones fueron escogidos sobre la base de los resultados de rendimiento y las pruebas de

Cuadro 3.7. Morfotipos correspondientes a los materiales promisorios de melloco evaluados para la obtención de materiales libres de virus

Código del banco	Morfotipo
ECU-791	Rojo redondo, variedad <i>Puca</i>
ECU-831	Amarillo redondo, variedad <i>Quillu</i>
ECU-930	Blanco jaspeado alargado
ECU-3899	Blanco jaspeado redondo
ECU-8497	Blanco jaspeado alargado, melloco <i>gallito</i>
ECU-9108	Blanco jaspeado redondo
ECU-12592	Rosado largo

aceptabilidad realizadas en las comunidades. Por ejemplo: el melloco rosado largo (proveniente de Carchi) contiene menor cantidad de mucílago y tiene aceptación en los mercados urbanos, principalmente de la ciudad de Quito (Espinosa y Crissman, 1997). Entonces, se identificaron variedades locales que correspondieron a estos ecotipos.

En cuanto al estado fitosanitario de los siete clones promisorios de melloco (Figura 3.3 y 3.4), se observó una mayor incidencia de los virus PapMV-U (64 %) y TMV-U (39 %); en cambio, los virus PVT y PLRV tuvieron menor incidencia (3,0 %). Al igual que los resultados en campo, no se presentó incidencia del virus A de la arracacha (AVA). En la Figura 3.4 se observa el porcentaje de infección por entradas, y se encuentra que la accesión ECU-831, que corresponde a la variedad Quillu y ECU-930 al morfotipo blanco jaspeado, posee la mayor incidencia de virus (44 % y 31 %, respectivamente), a diferencia del clon ECU-9 108, que sólo presentó 9 % de incidencia. Se observó, además, que las variedades Puca y Quillu (ECU-791 y ECU-831, respectivamente)

PORCENTAJE DE INFECCION DE ACUERDO AL VIRUS

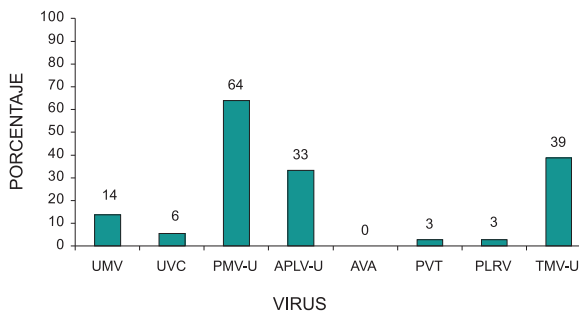


Figura 3.3. Porcentaje de infección viral detectados en siete clones promisorios de melloco mediante DAS-ELISA, de acuerdo al virus.

PORCENTAJE DE INFECCION DE ACUERDO A LA ENTRADA

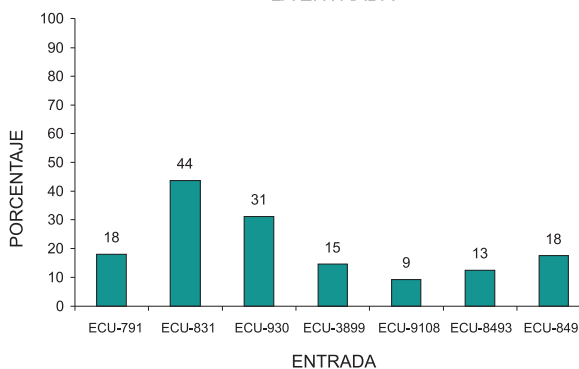


Figura 3.4. Porcentaje de infección viral detectados en siete clones promisorios de melloco mediante DAS-ELISA, de acuerdo a la entrada.

presentan infección de más de un virus, lo que no sucede con el clon ECU-9 108, donde se manifiesta sólo un virus y, en una submuestra, no se registró infección viral. También existieron submuestras negativas para los clones ECU-791, ECU-9 108 y ECU-8 493.

Para determinar el grado de infestación en las parcelas de multiplicación de semilla de melloco, se realizó un muestreo de los dos morfotipos sembrados que corresponden al blanco-jaspeado y al rosado-largo. Las localidades corresponden a San Pedro de Rayoloma, Santa Rosa de Culluctús y Huacona San Isidro.

Recolección de muestras en lotes de multiplicación de semilla de melloco. En el Cuadro 3.8 se muestran los datos pasaporte y el número de muestras colectadas en cada una de las localidades de multiplicación de semilla de melloco. En las tres localidades, se sembraron los morfotipos rosado-largo y blanco-jaspeado, que corresponden a la entrada ECU-9 108, que fue seleccionada por la LA Producción de Semilla, sobre la base de resultados de rendimiento y pruebas de aceptabilidad realizadas en las comunidades. La superficie sembrada del morfotipo blanco jaspeado fue variable en cada localidad, con un máximo de 1 200 m² en Santa Rosa de Culluctús (Figura 3.5) y un mínimo de 250 m² en la localidad San Isidro. Para el morfotipo rosado, la máxima superficie fue en la localidad Rayoloma, con aproximadamente 1 150 m² y 800 m² en las localidades de Santa Rosa de Culluctús y San Isidro, respectivamente. La variación de superficie se debió a la disponibilidad de los agricultores en los lotes comunitarios.



Figura 3.5. Lote de multiplicación de semilla de melloco en la localidad Santa Rosa de Culluctús.

En cuanto al número de muestras colectadas en cada localidad, dependió de la superficie sembrada. Es así como, en los lotes de San Pedro de Rayoloma y Santa Rosa de Culluctús, fueron aproximadamente 45 muestras por morfotipo.

En el Cuadro 3.9 se muestran los resultados de la prueba DAS-ELISA, correspondientes al clon ECU-9 108 y al morfotipo rosado-largo en los tres lotes de multiplicación de semilla. En cuanto al porcentaje de incidencia viral (Cuadro 4.9), se observa que los más altos porcentajes (59 %, 88 % y 100 %) corresponden al morfotipo rosado sembrado en las tres localidades, Rayoloma, Santa Rosa de Culluctús y San Isidro, respectivamente.

Los porcentajes de contaminación son altos, a pesar de tener uno o dos virus. Resultados similares reportan

Cuadro 3.8. Datos pasaporte, localidades muestreadas en los lotes de producción de semilla de melloco en Las Huaconas, Colta, Chimborazo (mayo, 2000)

CULTIVAR	LOCALIDAD	COORDENADAS	ALTITUD (msnm)	SUP. (~ m ²)	No. muestras
Melloco blanco jaspeado	San Pedro de Rayo Loma	01°43'961"S 78°49'269"W	3 480	630	49
Melloco rosado	San Pedro de Rayo Loma	01°43'961"S 78°49'269"W	3 480	1 150	46
Melloco blanco jaspeado	Santa Rosa de Culluctús	01°41'900"S 78°48'430"W	3 550	1 200	47
Melloco rosado	Santa Rosa de Culluctús	01°41'900"S 78°48'430"W	3 550	800	45
Melloco blanco jaspeado	Huacona San Isidro	01°43'740"S 78°48'545"W	3 600	800	30
Melloco rosado	Huacona San Isidro	01°43'740"S 78°48'545"W	3 600	250	15

Cuadro 3.9. Porcentaje de contaminación de los dos morfotipos en tres localidades de multiplicación de semilla de melloco

Localidad	Morfotipo	UMV (%)	UVC (%)	PAPMV-U (%)	APLV-U (%)	AVA (%)	PVT (%)	PLRV (%)	TMV-U (%)	Inci.* (%)
Rayoloma	ECU-9108	0	86	0	31	0	0	0	16	59
Sta. Rosa de Cullúctus	ECU-9108	2	87	0	24	0	0	0	22	34
San Isidro	ECU-9108	0	100	0	80	0	0	0	47	76
\bar{x}		2	91	0	45	0	0	0	28	
Rayoloma	Rosado	0	100	0	18	0	0	0	0	59
Sta. Rosa de Culluctús	Rosado	0	100	0	75	0	0	0	0	88
San Isidro	Rosado	0	100	0	0	0	0	0	0	100
\bar{x}		0	100	0	47	0	0	0	0	

* Incidencia

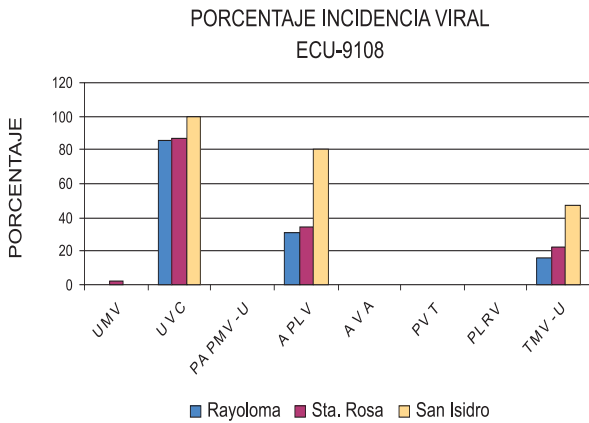


Figura 3.6. Porcentaje de infección viral de la entrada ECU-9108 (ecotipo blanco jaspeado redondo), encontrado en los tres lotes de multiplicación de semilla de melloco de acuerdo al virus.

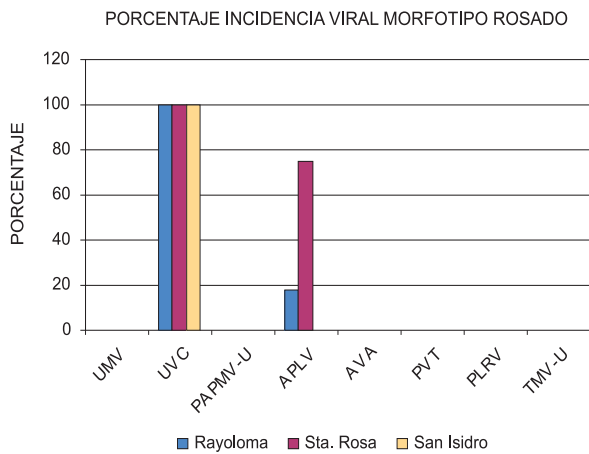


Figura 3.7. Porcentaje de infección viral del morfotipo rosado encontrado en los tres lotes de multiplicación de semilla de melloco, de acuerdo al virus.

Toledo y Jayashinge, citado por Duque (1994), que, en condiciones de campo, encontraron infección viral de un 80 % y la presencia de más de un virus.

En la Figura 3.6 se observa que, en la entrada ECU-9108, se presentan cuatro virus UMV, UVC, APLV-U y TMV-U, con un promedio de infección del 2 %, 91 %, 45 % y 28 %, respectivamente, en tres localidades: Huaconas San Pedro de Rayoloma, Santa Rosa y San Isidro. El morfotipo rosado presentó infección en las tres localidades para dos virus, UVC y APLV, en un porcentaje del 100 % y 47 %, respectivamente (Figura 3.7). El virus UVC presentó un porcentaje de hasta el 100 % de infección en las tres localidades para los dos morfotipos. Esto nos advierte el bajo rendimiento que tendrá la semilla proveniente de estos lotes de multiplicación.

Obtención de materiales libre de virus. Los clones promisorios, incluidos los morfotipos *rosado-largo* y *blanco-jaspeado* (ECU-9108), fueron sometidos al proceso de limpieza viral. El proceso consistió en termoterapia, seguido de cultivo de meristemas.

Detección de virus post-tratamiento. En la Figura 3.8 se presentan los resultados de la prueba DAS-ELISA en 30 muestras libres de virus, que corresponden a los clones ECU-3899, ECU-791, ECU-8497, ECU-930 y ECU-9108. En la entrada ECU-3899, se obtuvo un porcentaje de infección del 70 %, y, en la entrada ECU-9108, un 17 %. La obtención de reacción positiva en el material sometido al tratamiento de erradicación viral, probablemente se debió al tamaño de los meristemas que, en algunos casos, fue más un primordio foliar. Cabe indicar que se realizaron varias pruebas DAS-ELISA para corroborar los resultados, además de pruebas con plantas indicadoras.

Protocolo para la obtención de material libre de virus

Para la limpieza de virus, se colocaron plantas *in vitro* de 21 días de micropropagadas, en una cámara de termoterapia (fitotrón) con el siguiente régimen: 38 °C por cuatro horas alternando con 25 °C por cuatro horas, durante tres períodos diarios durante 30 días; luminosidad: entre 2 000 lux y 3 000 lux, con una humedad relativa del 70% aproximadamente. Después de transcurrido el período de termoterapia, se procedió al corte de meristemas, los cuales se sembraron en el siguiente medio de cultivo (Duque, 1994): sales de Murashige y Skoog (MS) 4,6 g + Ácido Giberélico 0,25 mg/l + Sucrosa 30 g/l + Agar 6 g/l, pH final 5,7. Los meristemas sembrados se colocaron en el cuarto de cultivo a 18 ± 2 °C, con una intensidad luminosa de 2 000 lux y una humedad relativa aproximada del 70 %. Para la detección de virus post-erradicación, se evaluaron las plantas obtenidas del crecimiento de meristemas o yemas, mediante ELISA y plantas indicadoras.

La línea de acción de Mercado y Promoción proporcionó al DENAREF, tubérculos del melloco del morfotipo rosado-largo, que fueron clasificados en tres categorías, según el tamaño: tubérculo grande (> 18 g), tubérculo mediano (9 -18 g) y tubérculo pequeño (< 9 g). De estos tres grupos, se realizaron cinco submuestras, tanto de las plantas sanas como de las enfermas, y se obtuvieron 15 muestras de plantas enfermas y 20 muestras para plantas sanas.

Se realizó la prueba ELISA de los brotes correspondientes a todas las sub-muestras de las plantas sanas y enfermas. En la Figura 3.9 se presentan los resultados de la prueba

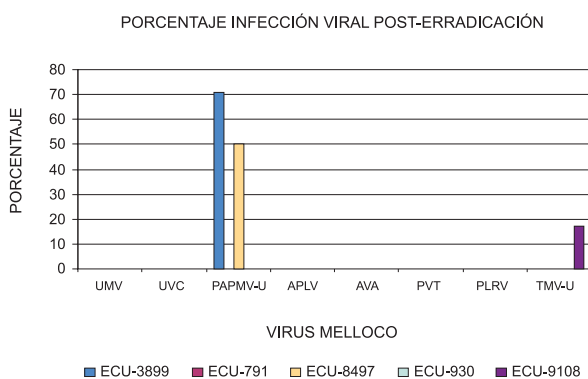


Figura 3.8. Porcentaje de incidencia viral en los materiales resultados de la post-erradicación de melloco.

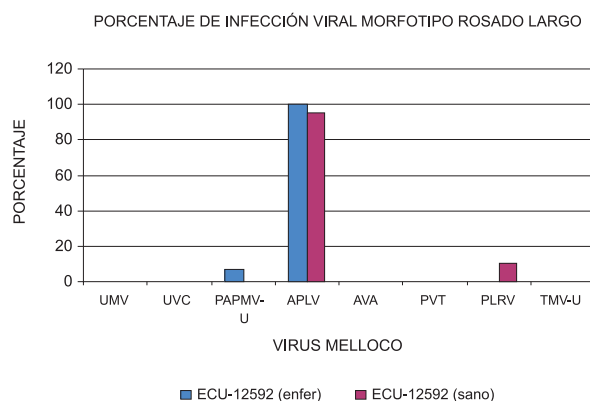


Figura 3.9. Porcentaje de infección viral detectados en dos submuestras del clon ECU-12592 mediante DAS-ELISA, de acuerdo al virus.

ELISA de las submuestras del morfotipo rosado-largo (ECU-12592). Se detectó el 100% de infección para el virus APLV-U, y 5% para el virus PAPMV-U en muestras de plantas enfermas; 95% para el virus APLV-U y 10% para el PLRV en plantas sanas. Según estos resultados, aparentemente dos muestras, que corresponden al tubérculo mediano de las plantas sanas, se encuentran sin infección viral; con el fin de comprobar estos resultados se realizaron otras pruebas DAS-ELISA.

Estos materiales fueron mantenidos en un cuarto de cultivo a 18±2 °C, con 70% de humedad relativa y un fotoperíodo de 16 horas. Otra parte se trasladó luego a cuarto de conservación, a 7±2 °C, humedad relativa del 80% y fotoperíodo de 12 h, con tres subperíodos; finalmente, la parte restante del material se destinó para ensayos de adaptación en invernadero.

Adaptación de plantas *in vitro* a invernadero. La aclimatización de plantas *in vitro* es un procedimiento delicado, en vista de que en invernadero la intensidad de luz es mucho mayor que la del cuarto de cultivo. La humedad relativa en los tubos de ensayo es del 100% y las plántulas son más susceptibles a microorganismos al provenir de un medio de cultivo libre de contaminación. Entonces, por lo dicho, el proceso de adaptación debe ser progresivo: primeramente, las plántulas son retiradas de su medio de cultivo y el agar eliminado y, después, son sembradas en macetas o camas, con sustrato pasteurizado. Un sistema de nebulización proveyó los riegos necesarios durante el ciclo de crecimiento (Figura 3.10).

En la primera fase del estudio, se realizó un ensayo de adaptación a invernadero con plantas *in vitro* provenientes de las entradas de melloco ECU-905 y ECU-940. Un total de 80 plántulas de 75 días de micropropagadas, con un sistema radicular vigoroso, fueron transplantadas a carpa de adaptación y a macetas



Figura 3.10. Adaptación de plantas de melloco libres de virus en invernadero.

Protocolo de adaptación de plantas *in vitro* a invernadero

Plantas de melloco (blanco-jaspeado y rosado largo) después del proceso de termoterapia fueron transplantadas desde el cuarto de cultivo a invernadero. Éstas se sembraron en camas con sustrato pasteurizado (pH 7,4), compuesto por: nitrógeno (162 ppm), fósforo (125 ppm) y potasio (1,54 ppm), a una densidad de 10 plantas/m². A la segunda semana del trasplante, se detectó *dumping-off*, que fue controlado con la aplicación de CAPTAN, tanto al suelo como a la planta, en una concentración de 50 g/l. Se realizaron fertilizaciones semanales con STIMUFOL, en una concentración de 1 g/l durante cuatro semanas. A los 45 días del trasplante, se presentó un problema de mosca blanca, que se controló mediante la ubicación de trampas plásticas empapadas en aceite. Las fluctuaciones de temperatura del mes de agosto influyeron y ejercieron un efecto determinante en el desarrollo de las plantas.

(cubiertas con un vaso por el lapso de dos semanas). Al cabo de tres semanas, el 90 % de las plantas se mantuvieron vigorosas. A los cinco meses de transplantadas, se observó floración y, a los siete meses, presentaron madurez fisiológica y completaron, así, el ciclo de cultivo. Se observaron rendimientos desde 139,8 g por planta, para la entrada ECU-905 (planta más productiva), mientras que el menor rendimiento observado, 44,8 g por planta dentro de la entrada ECU-940 (planta menos productiva). Como promedio general, se obtuvo un rendimiento de 87,2 y 72,3 g/planta, para las entradas ECU-905 y ECU-940, respectivamente, y de 26,9 y 24 tubérculos/planta. El bajo rendimiento

obtenido sugirió la importancia de realizar ensayos de fertilización para incrementar el peso y el número de tubérculos con perspectivas de distribución a semilleras.

En una segunda fase, se usaron explantes provenientes de los dos clones de melloco escogidos, blanco-jaspeado y rosado-alargado. Las plantas libres de virus se aclimataron a invernadero, para lo cual se sembraron un total de 74 plántulas de 60 días de edad, luego de la propagación. Esta vez, lastimosamente, no fue posible obtener semilla pre-básica de melloco en invernadero, debido a que las condiciones ambientales imperantes en el mes de agosto (verano) surtieron un efecto negativo sobre la sobrevivencia de las plantas, y generaron, como resultado, el 100 % de mortalidad, cuando éstas tenían aproximadamente tres meses de edad en el invernadero. Este efecto negativo evidenció la necesidad de contar con un respaldo de plantas en condiciones *in vitro*. En este caso, se contaba con un respaldo de estas plantas en el cuarto de cultivo (200 explantes de la accesión ECU-9 108 y 227 plántulas del morfotipo *rosado largo*), material que se encuentra listo para trasplante en el futuro, bajo condiciones de invernadero, para proceder luego a su distribución en los lotes de multiplicación de semilla ubicados en Carchi y Chimborazo.

Lecciones Aprendidas

- El melloco es un cultivo que dispone de limitada información técnica, por lo que fue necesario adaptarla de otros cultivos, como la papa, además de incluir conocimientos generados a través de estudios y experiencia de agricultores y técnicos. El sistema de cultivo varía de una zona a otra, al igual que las preferencias por el color de los tubérculos; por esto, fue necesario obtener las tres variedades que se producen adecuadamente en las zonas centro-norte y centro-sur de la Sierra ecuatoriana.
- El componente genético de las tres variedades contribuye para la producción agroecológica del cultivo, es decir, con uso racional y equilibrado de insumos orgánicos y químicos, ya sea mediante la estabilidad o el incremento de la productividad y la resistencia a ciertos patógenos y plagas. Sin embargo, uno de los factores limitantes para la producción y la expansión del melloco está en el uso de tubérculos-semilla de baja calidad, lo cual incide en rendimientos bajos.
- La variedad INIAP-Puca presenta un color verde-púrpura con tubérculos rojos, mientras que la

variedad INIAP-Quillu es de color verde con tubérculos amarillos. Las diferencias más notables entre las dos variedades están en el contenido de mucílago; la variedad INIAP-Puca presenta bajo contenido de mucílago, y la variedad INIAP-Quillu es de alto contenido de mucílago. Por otro lado, la variedad INIAP-Caramelo es piel marfil con color secundario rosado en todo el tubérculo en forma de jaspes.

- Las tres variedades de melloco se producen adecuadamente en las zonas centro-norte y centro-sur de la sierra ecuatoriana. Uno de los factores limitantes para la producción y la expansión de melloco está en el uso de tubérculos-semilla de baja calidad, lo cual incide en rendimientos bajos, por lo que la erradicación de virus fue vista como una alternativa para producir semilla de alta calidad.
- El porcentaje de infección viral en el campo de los agricultores de *Las Huaconas* fue variable; se encontraron lotes con altos y bajos porcentajes de incidencia viral e, incluso, en algunos no se detectó infección alguna (Lirio y Huacona San José). El virus que mayor incidencia fue PLRV (84 %), seguido por los virus APLV y TMV-U (68 % y 63 %, respectivamente), los que afectan de una manera importante al rendimiento de melloco. Contrariamente, los virus AVA, UVC y PVT presentaron bajos porcentajes de incidencia (5 %, 11 % y 16 %, respectivamente).
- En los lotes de multiplicación de melloco de la segunda fase, se pudo determinar una mediana incidencia viral. En las localidades de San Antonio y Santo Domingo se reportan la presencia de UVC y PLRV, con un índice de contaminación del 18 % y 11 %, respectivamente; en Virgen de las Nieves, la presencia de UVC y APLV alcanza valores de 13 %, mientras que, en un lote experimental establecido en CIP-Quito, la incidencia viral alcanzó el 46 %, donde se presentaron seis virus: UVC, PapMV-U, AVA, PVT y PLRV.
- En la etapa final de ejecución de esta línea de acción, el material obtenido del proceso de limpieza viral se encuentra en una fase permanente de micro-propagación, refrescamiento y conservación. El germoplasma ha sido sometido a varias pruebas DAS-ELISA para corroborar su grado de sanidad.
- Desafortunadamente, no se pudo entregar materiales seleccionados de melloco libre de virus a los agricultores de Las Huaconas. Sin embargo, los dos cultivares libres de virus mantenidos en condiciones

in vitro están listos para multiplicarse y ser entregados a agricultores progresistas de Las Huaconas, quienes repartirán los materiales entre los miembros de su comunidad.

Agradecimientos

Los autores dejan constancia de su agradecimiento a quienes, de una u otra forma, estuvieron involucrados en forma directa e indirecta en los estudios de esta especie y en la divulgación de la información:

Cecilia Monteros,	Ing. Agr., M. C.
Carlos Nieto,	Ing. Agr., Ph.D.
Jilmar Capelo,	Ing. Agr.
Milton Haro,	Ing. Agr.
Marco Rivera,	Agr.
Carlos Vimos,	Ing. Agr.
Xavier Cuesta,	Ing. Agr., M Sc.
Héctor Andrade,	Ing. Agr., M. C.
Elizabeth Yáñez,	Ing. Agr.
Elizabeth Pérez,	Ing. Agr.
Gabriela Piedra,	Lic. Biol.

Bibliografía

- Acosta, M. 1978. Tubérculos, raíces y rizomas cultivados en el Ecuador. *En: Il Congreso Internacional de Cultivos Andinos*. Riobamba, junio 4-8, 1979. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ingeniería Agronómica, 1980. p. 186-188.
- Arcila, M. 1992. Estudio agronómico del cultivo de ulluco (*Ullucus tuberosus*) en el Departamento de Nariño. Instituto Colombiano Agropecuario Subgerencia de Investigación. División de Cultivos Anuales. Sección Papa - Abonuco. Pasto - Colombia, (Separata) marzo, 1992. 13 p.
- Barrantes, F. 1984. Virosis en *Ullucus tuberosus* L. *En: IV Congreso Internacional de Cultivos Andinos*. Memorias, Pasto, Nariño, Colombia. Mayo 22-25 de 1984. p. 346.
- Delgado, C. 1981. El cultivo del ulluco en Nariño. Instituto Colombiano Agropecuario - DRI. Pasto, Colombia. Convenio Colombo- Holandés. (Separata). 13 p.
- Duque, L. 1994. Detección y erradicación de virus en *Ullucus tuberosus* Caldas. CIP-Quito, 57 p.
- Eberhart, S.; W. Russel. 1966. Estability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Science*. 6:34-40

- Espinosa, P.; C. Crissman. 1997. Raíces y tubérculos andinos, cultivo, consumo, aceptabilidad y procesamiento. CIP-Quito, Departamento de Ciencias Sociales. Ediciones Abya-Yala, Quito - Ecuador. 63 p.
- Guerrero, 1998. Evaluación de dos métodos para erradicación de virus en zanahoria blanca y posterior obtención de germoplasma libre de virus para diez entradas de esta especie. Tesis Licenciado Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador.
- INEC. 1990-1995. Encuestas de producción y rendimiento.
- INEC. 1995. Encuesta nacional de superficie de producción agropecuaria. Quito, 1996. 26 p.
- INIAP. 1992. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Programa de Cultivos Andinos. Informe anual de labores. 1992.
- Lizárraga, C.; M. Santa Cruz; J. Marca; L. Salazar. 1999. La importancia de los virus que infectan a *Ullucus tuberosus* Caldas en el Perú. Fitopatología 34 (1): 22-28.
- López, P. 1986. Enfermedades de origen fungal de los cultivos andinos. In: Memorias de la II Reunión Técnica sobre Tubérculos y Raíces Andinas. Quito, julio 1986. MAG/INIAP/IICA. p.47-60
- National Research Council. 1989. Lost Crops of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation Report of an Ad Hoc Panel of Advisory Committee on Technology for International Development. National Academy Press. Washington D.C., USA. p.106.
- Peralta, E.; C. Nieto. 1991. Diagnóstico agrosocioeconómico a productores de melloco (*Ullucus tuberosus* H.B.K.), en Ecuador. Trabajo presentado en el VII Congreso Internacional de Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia. (Separata). 14 p.
- Pietila, L.; M. Tapia. 1991. Investigaciones sobre ullucu. Turku, Dinamarca. p.26-34.
- Ruales, C.; C. Moscoso. 1983. Inventario de plagas de quinua, oca, melloco y mashua en el cantón Riobamba, Guamate y Colta. Provincia de Chimborazo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Riobamba, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ingeniería Agronómica. p.65-130
- Vimos, C.; C. Nieto; M. Rivera. 1993. El melloco, características, técnicas de cultivo y potencial en Ecuador. Publicación miscelánea No.60. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP, Ecuador. Abril, 1993. 24 p.