

Capítulo III

Las Enfermedades causadas por Virus y su Control

Segundo Fuentes¹ y Carlos Chuquillanqui²

Ocho son las enfermedades causadas por virus que afectan al ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). Los virus que las causan son: virus C del ulluco (UVC*), virus del moteado suave del ulluco (UMMV), virus del mosaico del ulluco (UMV), virus del mosaico de la papaya aislamiento de ulluco (PapMV-U), virus del enrollamiento de las hojas de papa (PLRV), virus T de la papa (PVT), virus latente de la papa andina (APLV) y virus A de la arracacha (AVA). Estos virus, infectan a las plantas en forma sistémica por lo que cualquier parte vegetativa de la planta será portadora del patógeno. Por ello, cualquiera de estas partes que se utilice para la propagación de la planta (e.g. tallos, tubérculos) llevará consigo al patógeno y lo transmitirá. Las plantas enfermas ya no se pueden “curar” o recuperar y comienza el proceso de “degeneración” siendo su producción cada vez menor en las siguientes campañas agrícolas. Con el avance de los métodos de diagnóstico es posible saber si una planta está infectada con virus y así proceder a controlar o prevenir la dispersión de la enfermedad.

En general, el control de las enfermedades causadas por virus se basa principalmente en dos medidas: uso de variedades resistentes y uso de semilla sana (libre de virus). Los agricultores al utilizar generación tras generación tubérculos-semilla enfermos o de origen desconocido, provocan la acumulación de virus y la “degeneración” del cultivo. Debido a que no se han realizado trabajos sobre resistencia genética en ulluco, la producción de semilla sana es la mejor medida para

la prevención de las enfermedades causadas por virus y lograr así el incremento de la productividad del cultivo. El primer paso para la producción de semilla sana es conocer a los virus que infectan al cultivo para luego desarrollar métodos de detección de los mismos y determinar su importancia económica.

El conocimiento de los virus que infectan al ulluco, la disponibilidad de métodos de detección confiables, y la erradicación de los virus usando termoterapia y cultivo de meristemas, resulta en la producción de plantas sanas de ulluco.

En este Capítulo se proporciona la base para que las organizaciones involucradas en la limpieza del ulluco puedan producir semilla sana, libre de virus; también para facilitar el potencial intercambio de valioso germoplasma.

Características de los virus que atacan al ulluco

Tamaño

Los virus son patógenos muy pequeños que pueden ser observados sólo con el microscopio electrónico. Su tamaño se expresa en nanómetros - nm (1 nanómetro = 0.000001 mm).

Son tan pequeños que la punta de un lapicero puede contener 1500 partículas virales.

El tamaño y la forma de las partículas de los diferentes virus que infectan al ulluco varían considerablemente, dependiendo del grupo viral (género) al que pertenecen. La Figura 1 muestra las diferentes clases

¹ Biólogo, M.Sc., Virólogo. Investigador Asociado. E-mail: s.fuentes@cgiar.org

² Ing. Agr., Virólogo. Asistente de Investigación. Centro Internacional de la Papa (CIP), Apartado 1558, Lima 12. Av. La Molina 1895, La Molina, Lima 12, Perú.

* Nombres de los virus en Inglés en Cuadro 1.

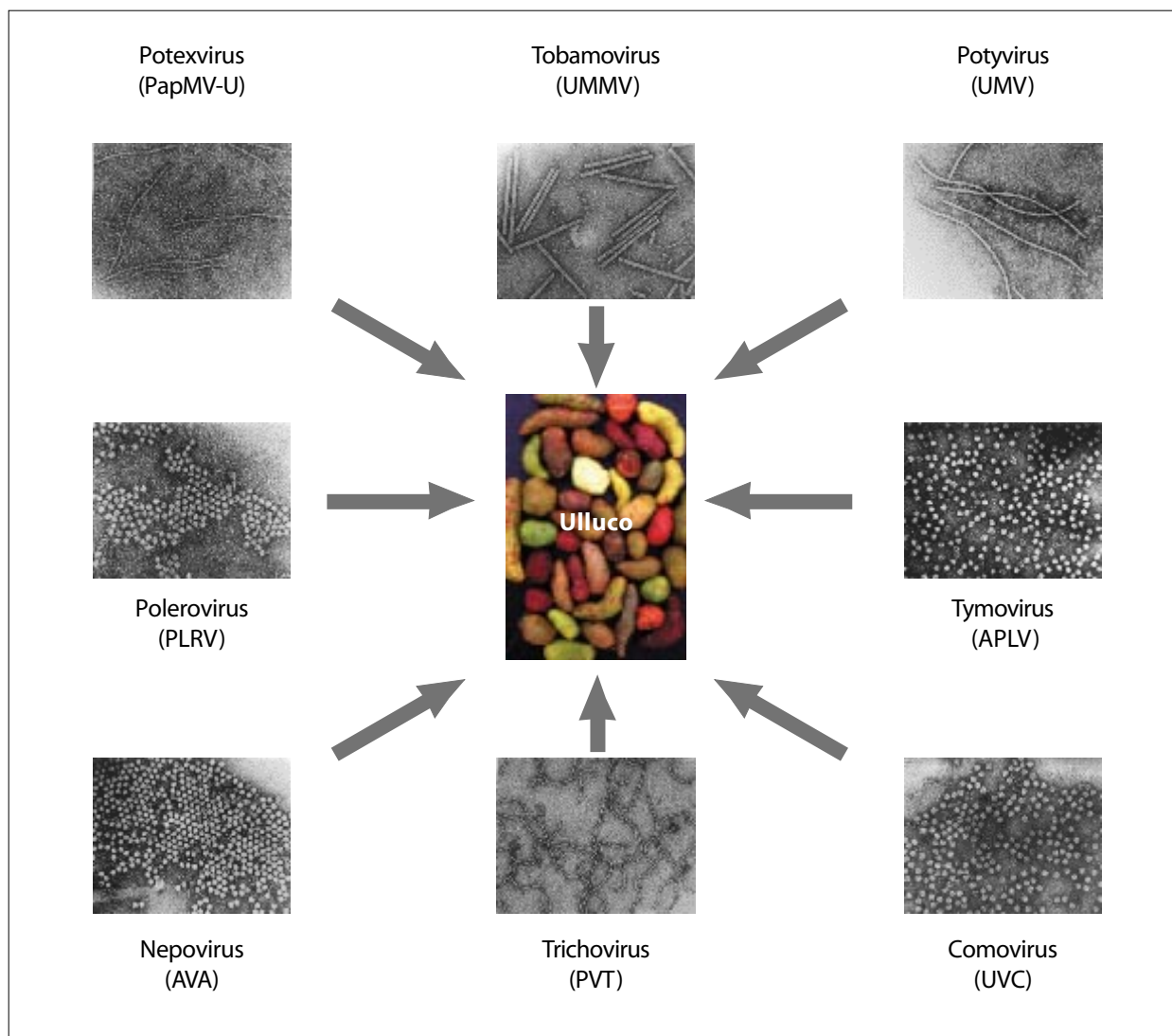


Figura 1. Tipos de partículas virales de los virus que afectan al ulluco en relación al grupo viral al que pertenecen. PapMV-U, UMV y PVT tienen partículas como filamentos flexuosos entre 530 y 752 nm; UMMV tiene partículas en forma de una varilla rígida de aproximadamente 300 nm de longitud. Otros virus (PLRV, UVC, AVA, APLV) tienen partículas casi esféricas (isométricas), con diámetros entre 25 y 30 nm.

de partículas virales. PapMV-U, UMV y PVT tienen partículas como filamentos flexuosos entre 530 y 752 nm, mientras que UMMV tiene partículas en forma de una varilla rígida de aproximadamente 300 nm de longitud. Otros virus (PLRV, UVC, AVA, APLV) tienen partículas casi esféricas (isométricas), con diámetros entre 25 y 30 nm.

Con algunas excepciones, todos los virus de plantas están constituidos de proteína y un ácido nucleico (ribonucleico o ARN y desoxirribonucleico o ADN). En el caso de los virus que afectan al ulluco, todos ellos poseen ARN. La proteína está conformada por subunidades que están distribuidas uniformemente, formando una cubierta protectora alrededor del ácido nucleico.

Transmisión

En la naturaleza los virus de ulluco se transmiten por:

- siembra de tubérculos-semilla obtenidos de plantas enfermas,
- vectores (especialmente áfidos), y
- contacto o mecánicamente

En los trabajos experimentales es muy importante la transmisión mecánica, pero para los virus que no se transmiten mecánicamente es común utilizar el injerto.

Transmisión por tubérculos-semilla

Como los tubérculos son parte del sistema vegetativo de la planta, las infecciones sistémicas de la planta de ulluco causadas por virus, se extienden con facilidad a

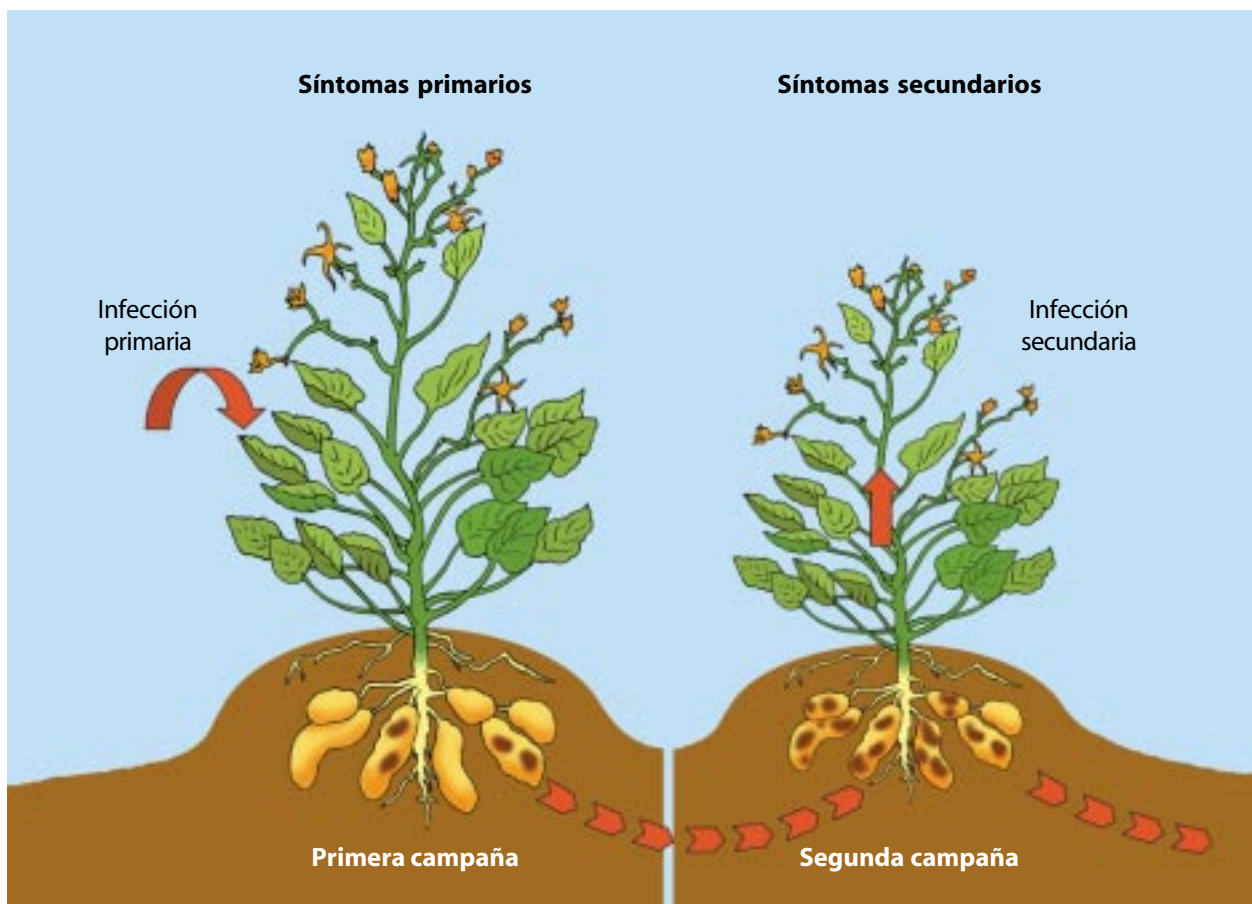


Figura 2. Las infecciones sistémicas de la planta de ulluco causadas por virus, se extienden con facilidad a los tubérculos (infección primaria). Si los tubérculos infectados se emplean como semilla, la planta resultante del tubérculo infectado, también será infectada (infección secundaria).

los tubérculos. Si los tubérculos infectados se emplean como semillas, las plantas resultantes también estarán infectadas (Figura 2), con lo cual se establece el pernicioso ciclo de la enfermedad.

Una vez que los tubérculos infectados han sido utilizados como material de siembra, la enfermedad se propaga rápidamente a las plantas sanas, ya sea por medio de insectos vectores o por contacto mecánico, dependiendo de la forma de transmisión del virus. Si no se toman las medidas de prevención del caso, la enfermedad se dispersa a plantas sanas y en pocos años ocurre un proceso llamado “degeneración”.

Transmisión por vectores

Un vector es un agente diseminador de las partículas virales de plantas enfermas a plantas sanas. Entre los vectores de virus de ulluco tenemos a los insectos (PLRV, UMV, APLV y UVC) y a los nematodos (AVA).

Los insectos, especialmente los áfidos (pulgones) son los principales vectores de virus. Los virus son diseminados por los insectos en dos formas:

- transmisión no persistente,
- transmisión persistente.

La transmisión **no persistente** de virus ocurre cuando el insecto vector adquiere e inocula las partículas virales por medio de sus piezas bucales (estilete) durante periodos breves de prueba o alimentación en la planta (Figura 3A). La transmisión puede tomar sólo algunos segundos o minutos. No es necesario un periodo de incubación en el insecto vector. Los áfidos permanecen infectivos por un máximo de dos horas. El virus transmitido en esta forma es el UMV.

La transmisión **persistente** de virus, en contraste, puede tomar 20 a 30 minutos para que el virus sea adquirido por el insecto a través de la alimentación. Antes que el virus sea inoculado a otra planta, necesita varias horas para que circule dentro del cuerpo del insecto (Figura 3B). El insecto vector permanece infectivo por un periodo muy largo y a menudo durante toda su vida. Los virus persistentes pueden ser transmitidos a distancias mucho más grandes y por un tiempo más prolongado

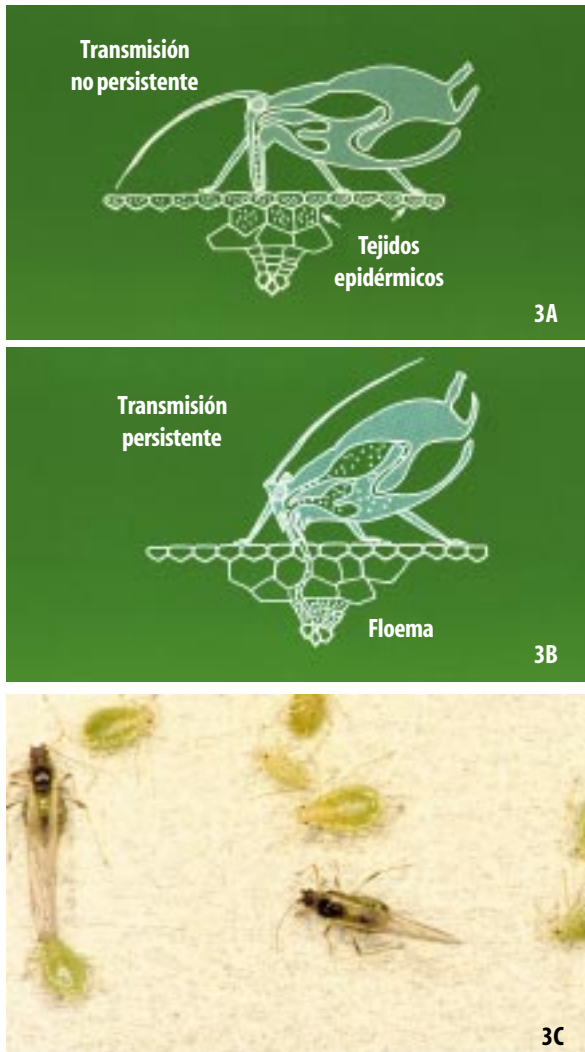


Figura 3. Tipos de transmisión de virus por insectos vectores. **A)** Transmisión no persistente de virus: un vector adquiere e inocula con el estilete las partículas virales durante un tiempo limitado. **B)** Transmisión persistente de virus: el virus circula dentro del cuerpo del vector antes de ser infectivo (periodo de incubación). **C)** Afidos alados y ápteros responsables de la transmisión de virus a larga distancia y dentro del campo, respectivamente.

que los virus no persistentes. En ulluco, el PLRV es transmitido en esta forma.

Los áfidos alados, ayudados por el viento, pueden diseminar los virus a distancias de varios cientos de kilómetros, mientras que los áfidos ápteros lo hacen de una planta a otra (Figura 3C).

El conocer la forma de transmisión y el control adecuado de los insectos vectores es muy importante, especialmente en la producción de tubérculos-semilla de alta calidad.

Transmisión por contacto o mecánicamente

Algunos virus se transmiten mediante el contacto (roce de hojas) de una planta infectada con otra planta sana (e.g. UVC, PapMV-U, UMMV, APLV). También pueden transmitirse mecánicamente por el sólo hecho de tocar una planta enferma y luego una sana, o se transfieren mediante herramientas de labranza (Figura 4), maquinaria, vestimenta o animales.

Transmisión por injerto

El injerto es la unión de partes vegetativas, generalmente tallos o brotes, de manera tal que los tejidos se unen y las partes unidas continúan creciendo. El proceso de injertar ha sido denominado como método universal de transmisión de virus porque casi todos los virus pueden ser transmitidos por injerto. Este tipo de transmisión es de gran utilidad en trabajos de experimentación con virus, cuando éstos no se pueden transmitir mecánicamente y se desconoce su vector.

Infección

El virus tiene que ingresar en la célula viva de un hospedante antes de multiplicarse. Los diversos tipos de virus pueden ingresar de diferentes formas (ver transmisión de virus). El término infectado o infección se refiere a la entrada exitosa del virus con una posterior multiplicación dentro del tejido de la planta. Los hospedantes son plantas en la cual determinados virus pueden multiplicarse, por lo tanto son plantas susceptibles.

En la producción de ulluco, la infección primaria ocurre cuando el virus infecta a la planta durante la estación en curso. La infección se le llama secundaria cuando la enfermedad viral ya está presente en la planta o se manifiesta a partir de un tubérculo que ya está infectado; en este caso, la infección ocurrió en la estación previa, o antes (Figura 2).



Figura 4. Transmisión de virus por contacto, al realizar labores culturales.

Es necesario enfatizar que una planta enferma no se "cura" o recupera y que más bien sirve de fuente de contagio para otras plantas sanas.

Síntomas en plantas de ulluco

Algunas enfermedades virales muestran síntomas de mosaico o moteado (alternancia de colores verde claro y oscuro) (Figura 5). Cuando hay más de un virus presente en la planta enferma los síntomas son más severos y además del mosaico o moteado se observa también poco crecimiento de la planta (Figura 5).

En algunos casos, las plantas enfermas no muestran síntomas (virus asintomáticos) (Cuadro 1).

Las plantas que resultan infectadas en la temporada de cultivo en curso (infección primaria) muestran los llamados *síntomas primarios* (Figura 2). La aparición y severidad de los síntomas primarios están relacionados con el momento de la infección. Las infecciones tardías pueden permanecer latentes y dificultar el reconocimiento de la enfermedad. Los síntomas en plantas desarrolladas de tubérculos infectados (infección secundaria) se llaman *síntomas secundarios* (Figura 2).

Detección de los virus

Las pruebas para la detección de las enfermedades causadas por virus se hace mediante el uso de bioensayos en plantas indicadoras y por procedimientos serológicos usando la técnica de ELISA (ensayo de inmunoabsorción con conjugados enzimáticos). Varios virus (incluyendo aquellos desconocidos) pueden ser detectados con una sola planta indicadora, mientras que la prueba de ELISA es generalmente específica para cada



Figura 5. Planta de ulluco infectada con complejo viral (PapMV-U + UVC + UMV), mostrando mosaico y reducción en el crecimiento de la planta (derecha). Planta aparentemente sana (izquierda).

virus. Otras pruebas están basadas en la detección del ácido nucleico.

Para la detección de virus, cada planta de ulluco debe ser evaluada separadamente. Para los bioensayos y ELISA, las muestras de las plantas (hojas) deben ser colectadas: de la parte superior y media de la planta.

Los métodos de detección disponibles se muestran en el Cuadro 2.

El proceso de indexación es la confirmación de la presencia o ausencia de los virus conocidos en una determinada planta por medio de la inoculación a plantas indicadoras y por pruebas bioquímicas como ELISA, NASH o RT-PCR diseñadas específicamente para los virus de principal interés.

Plantas indicadoras

Las plantas indicadoras que se usan para identificar cada virus de ulluco y los síntomas que ellas muestran, se indican en el Cuadro 1. El inóculo puede ser preparado moliendo el tejido de hojas tomadas de plantas infectadas, en agua destilada o en tampón fosfato 0.02M, pH 7.4 conteniendo 0.2 % de sulfito de sodio (dilución 1:10). Las plantas indicadoras son inoculadas mediante frotamiento del inóculo (hojas maceradas de una planta enferma o sospechosa) en las hojas que han sido previamente espolvoreadas con carborundum (malla 400-600). Cuando el virus no puede ser transmitido por inoculación mecánica (e.g. PLRV) se debe realizar la transmisión por injerto.

Prueba serológica (ELISA)

La ELISA con doble anticuerpo (DAS-ELISA) es el procedimiento comúnmente utilizado para la detección de virus. La sensibilidad y especificidad de la prueba ELISA depende de los anticuerpos usados. Para muchos de los virus de ulluco los anticuerpos están disponibles comercialmente. Estos anticuerpos pueden ser incluidos en la preparación de kits de ELISA, el cual contiene todos los reactivos necesarios para realizar la prueba.

La prueba de ELISA puede ser usada para discriminar entre materiales sanos y enfermos (cualitativamente) o para determinar la concentración de virus en los materiales bajo prueba (cuantitativamente). Además, tiene mayor sensibilidad que otros métodos serológicos actuales para detectar a los virus, incluyendo aquellos que se encuentran en baja concentración en las plantas infectadas (como es el caso del PLRV). La sensibilidad (límite de detección) de ELISA, generalmente está entre

Cuadro 1. Algunas características de los virus que infectan al ulluco y plantas indicadoras utilizadas en su detección

Género	Virus	Forma y tamaño	Síntomas en ulluco	Trasmisión ²	Planta Indicadora	
					Especie	Síntoma ³
Polerovirus	PLRV (<i>Potato leafroll virus</i>)	Isométrico 24 nm	Asintomático	Propagación vegetativa, áfidos	<i>Datura stramonium</i> L.	Clorosis intervenal (S)
Trichovirus	PVT¹ (<i>Potato virus T</i>)	Filamento flexuoso 640 x 12 nm	Asintomático	Propagación vegetativa, semilla botánica	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	Mosaico y necrosis apical (S)
Tymovirus	APLV¹ (<i>Andean potato latent virus</i>)	Isométrico 28 nm	Asintomático	Propagación vegetativa, contacto, escarabajos, semilla botánica	<i>Nicotiana develandii</i> Gray	Aclaración de venas y mosaico (S)
Comovirus	UVC (<i>Ullucus virus C</i>)	Isométrico 28 nm	Asintomático	Propagación vegetativa, contacto, escarabajos	<i>Chenopodium quinoa</i>	Lesiones cloróticas (L) y clorosis (S)
Nepovirus	AVA¹ (<i>Arracacha virus A</i>)	Isométrico 26 nm	Asintomático	Propagación vegetativa, nematodos, semilla sexual	<i>Chenopodium quinoa</i>	Lesiones cloróticas (L); necrosis y moteado (S)
Potexvirus	PapMV-U (<i>Papaya mosaic virus, ulluco strain</i>)	Filamento flexuoso 530 x 12 nm	Asintomático	Propagación vegetativa, contacto	<i>Gomphrena globosa</i> L.	Lesiones rojizas (L)
Potyvirus	UMV (<i>Ullucus mosaic virus</i>)	Filamento flexuoso 752 x 12 nm	Mosaico	Propagación vegetativa, áfidos	<i>Nicotiana benthamiana</i> Domin.	Clorosis y deformación de hojas (S)
Tobamovirus	UMMV¹ (<i>Ullucus mild mottle virus</i>)	Filamento rígido 300 x 18 nm	Moteado	Propagación vegetativa, contacto	<i>Nicotiana glutinosa</i> L.	Lesiones cloróticas o necróticas (L) y deformación de hojas (S)

¹ Virus transmitidos por semilla sexual reportados en otros hospederos, pero aún no confirmados en ulluco.

² Trasmisión natural, para los miembros del grupo viral (confirmado con algunos virus de ulluco).

³ S = Síntoma sistémico; L = Síntoma local.

Cuadro 2. Métodos de detección disponibles¹ para los virus que infectan ulluco

Virus	ELISA ²	NASH	RT-PCR	Plantas indicadoras ³
UMV	Si	No	No	Si
UVC	Si	No	No	Si
PapMV-U	Si	No	No	Si
TMV	Si	No	No	Si
AVA	Si	No	No	Si
APLV	Si	Si	Si	Si
PLRV	Si	Si	Si	Si
PVT	Si	Si	Si	Si

Nota: Ver Cuadro 1 para los nombres completos de los virus

¹ELISA = ensayo de inmunoabsorción con conjugados enzimáticos, NASH = hibridación de ácidos nucleicos; RT-PCR = reacción en cadena de la polimerasa previa transcripción reversa.

²Utilizando antisueros producidos en el Centro Internacional de la Papa (CIP), a excepción del PVT que es adquirido comercialmente.

³Ver Cuadro 1 e información referente a cada virus.

0.5 a 10 nanogramos - ng (1 ng = 0.000000001 g) de partículas virales.

Puesto que con ELISA se obtienen resultados rápidos y confiables, esta prueba puede ser fácilmente adaptada en un programa de producción de semilla mediante la utilización de los kits de ELISA.

Técnicas moleculares

Las técnicas de hibridación molecular de ácidos nucleicos (NASH), utilizando sondas marcadas o no radiactivamente de ARN o ADN complementario, están disponibles para algunos virus de ulluco (Cuadro 2), pero su uso es generalmente limitado a laboratorios especializados.

Para los protocolos de la reacción en cadena de la polimerasa previa transcripción reversa (RT-PCR) se han diseñado iniciadores ("primers") específicos para algunos virus que infectan ulluco (Cuadro 2).

El aislamiento y purificación de ARN de doble cadena ("dsRNA") y su análisis por medio de electroforesis en geles se puede usar para detectar virus desconocidos o cuando otros métodos de detección no están disponibles.

Virus que infectan al cultivo de ulluco

Como ya se ha indicado el ulluco es afectado por ocho enfermedades virales, siendo la incidencia de infección viral muy alta. El 90% de plantas evaluadas, tanto las de la colección *in-vitro* como las de los campos de los agricultores, están infectadas con virus (Cuadro 3). Las

plantas pueden estar infectadas con uno o más virus, pero las infecciones mixtas (con dos o más virus) parecen ser las más comunes. La mayoría de virus que causan las enfermedades virales de ulluco, se encuentran diseminados en Perú, Argentina, Bolivia, Colombia y Ecuador. Las enfermedades con mayor incidencia y distribución son aquellas causadas por UVC, UMV, PapMV-U y UMMV (Cuadro 3). Tres virus (PLRV, APLV y PVT), además de infectar al ulluco, pueden infectar a la papa. Así mismo, el AVA y el PapMV-U pueden infectar otros cultivos (Cuadro 4).

La importancia relativa de cada virus en ulluco está determinada por su prevalencia y su efecto en la producción de un cultivo. Los virus más importantes son: PLRV, PapMV-U, UMV, y UVC. Los ocho virus de ulluco pueden ser mantenidos en plantas indicadoras como se indica en el Cuadro 4.

A continuación se hace una descripción de los principales virus y las enfermedades causadas por ellos en ulluco. Estas enfermedades se identifican con el nombre del patógeno por que aún no se tienen nombres comunes para cada enfermedad.

Virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV)

Virus. El PLRV tiene partículas esféricas con un diámetro de 24 nm. El virus se localiza y multiplica casi exclusivamente en los tejidos del floema. Es un miembro tipo del género *Polerovirus*, familia *Luteoviridae*.

Síntomas en ulluco. Asintomático. El PLRV en ulluco no induce al enrollamiento de hojas como si lo hace en papa.

Cuadro 3. Incidencia de virus de ulluco en entradas de diferentes países y de varios departamentos del Perú mantenidas en la colección de germoplasma *in vitro* del CIP y en plantas de campos de agricultores (Junín y Huancavelica, Perú)

Muestras de:	País	No. de entradas	Porcentaje de infección ¹							
			UVC	UMV	PapMV-U	UMMV	PLRV	APLV	PVT	AVA
Colección <i>in vitro</i>	Argentina	39	76	45	90	66	59	21	9	0
	Bolivia	77	66	46	62	22	52	22	16	0
	Colombia	4	90	30	60	90	90	90	0	0
	Ecuador	5	39	26	50	90	0	26	0	0
	Perú	258	74	61	65	39	29	35	15	4
	Apurímac	4	30	0	60	90	0	30	0	0
	Amazonas	3	35	35	0	0	0	0	0	0
	Ancash	25	90	66	66	39	31	27	0	12
	Ayacucho	8	60	38	45	0	0	21	21	0
	Cajamarca	63	76	61	68	33	16	30	0	0
	Cerro de Pasco	2	0	0	0	0	45	0	0	0
	Cusco	93	82	65	73	36	41	43	13	0
	Huánuco	2	90	0	90	0	0	0	0	0
	Junín	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	La Libertad	6	65	45	0	45	0	35	0	0
	Lima	7	68	57	32	0	22	32	0	0
Piura	6	90	90	90	90	0	35	0	0	
Puno	38	77	74	74	61	25	33	33	0	
Total	383									
(%)		72	57	65	40	37	31	14	3	
Campo ²	Perú									
	Junín									
	Chicche	180	72	51	42	68	9	21	nt ³	0
	S. Juan de Jarpa	180	65	49	43	62	0	24	nt	0
	Huaracayo	180	62	51	41	56	0	17	nt	0
	Huancavelica									
	Pazos	180	72	57	43	58	0	24	nt	0
Total	720									
(%)		67	52	42	61	4	22		0	

Nota: Ver Cuadro 1 para los nombres completos de los virus

¹Transformación $\arcsin \sqrt{\text{porcentaje}}$ (Steel y Torrie, 1980).

²Datos tomados de Villavicencio, 1999.

³nt = no evaluado.

Fuente: Lizárraga *et al.*, 2001.

Hospedantes

Natural: restringido. Infecta también a *Solanum* spp. (incluyendo especies no cultivadas), tomate. *Datura stramonium* y *Capsella bursa pastoris* pueden actuar como reservorios del virus.

Experimental: restringido. Mayormente en especies dentro de las Solanaceae. También infecta a *C. bursa pastoris* y *Gomphrena globosa*.

Distribución geográfica. Perú, Argentina, Bolivia y Colombia (infectando ulluco); mundial infectando papa.

Transmisión. Por tubérculos infectados y por varias especies de áfidos de manera persistente. *Myzus persicae* es el vector más eficiente e importante. PLRV es transmitido por el áfido de ulluco (*M. persicae*) a papa y viceversa, por lo que un cultivo puede servir como fuente de inóculo para el otro.

Cuadro 4. Lista de virus que infectan ulluco

Género	Virus	Virus aislado de la entrada (origen)/Institución ¹	Virus mantenido en ²	Otros cultivos
Comovirus	UVC	UH 009 (UNMSM) / Huancayo – Junín	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	-
Potyvirus	UMV	UH 009 (UNMSM) / Huancayo – Junín	<i>Nicotiana benthamiana</i> Domin.	-
Potexvirus	PapMV-U	UH-009 (UNMSM) / Huancayo – Junín	<i>C. murale</i> L.	Oca, mashua
Tobamovirus	UMMV³	U-016-83 (CIP) / Cerro de Pasco	<i>N. clevelandii</i> Gray x <i>N. bigelovii</i> (tarr) S. Wats.	-
Polerovirus	PLRV	MH-290 (CIP) / Huancayo – Junín ³	<i>Ullucus tuberosus</i> (MH-290)	Papa
Tymovirus	APLV³	UP-271 (UNMSM) / Puno	<i>N. clevelandii</i> x <i>N. bigelovii</i>	Papa
Trichovirus	PVT³	MH-463 (CIP) / Cusco	<i>C. quinoa</i>	Papa, oca, mashua
Nepovirus	AVA³	UP-254 (UNMSM) / Puno	<i>C. quinoa</i>	Arracacha

¹ Colección de germoplasma de la UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú) y CIP (Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú).

² Todos los aislamientos de virus, excepto PLRV, fueron transmitidos por inoculación mecánica.

³ PLRV fue aislado de la entrada infectada naturalmente y mantenido en la misma planta.

Fuente: Lizárraga *et al.*, 2001.

El virus se transmite experimentalmente por injerto.

Detección. Mediante ELISA, NASH y RT-PCR. También mediante injerto a *D. stramonium* (clorosis intervenal sistémica) y *Physalis floridana* (clorosis entre las nervaduras, ligero enrollamiento de la base de las hojas, reducción del tamaño de las hojas y del crecimiento de las plantas. Con la edad, las plantas palidecen). PLRV puede ser detectado por ELISA en plantas de papa y de ulluco inicialmente libres de virus y que crecen al lado de plantas de ulluco infectadas con este virus que no es detectado en los tubérculos. Esto puede ocurrir por las siguientes razones: a) que el PLRV infecta tarde a las plantas de papa, en el periodo de desarrollo y por lo que el virus se mueve de forma lenta hacia el tubérculo, o b) que el PLRV en el ulluco pueda ser una variante diferente al de papa y que requiera un tiempo más prolongado para translocarse a los tubérculos, mientras se va adaptando al hospedante.

Se ha observado que el PLRV puede ser detectado en plantas de ulluco cuatro meses después de la inoculación por injerto. Se sabe además que el virus tiene una distribución irregular en las plantas infectadas de ulluco. Al parecer, estas observaciones apoyan la premisa que los virus infectando una especie de planta pueden eventualmente adaptarse en su capacidad para infectar otras especies que crecen en asociaciones cercanas por periodos largos.

Significancia. Las pérdidas en rendimiento son de 30 % en ulluco con infección secundaria y pueden llegar al 90 % en papa. El PLRV también complica el intercambio del material vegetal.

Control. Las plantas infectadas con PLRV no pueden ser curadas con tratamientos químicos. Las medidas preventivas incluyen:

- uso de tubérculos-semilla sanos;
- eliminación de las fuentes de infección (PLRV se puede diseminar de ulluco a papa y viceversa).
- Control de vectores

Virus T de la papa (PVT)

Virus. Partículas filamentosas flexuosas de 640 x 12 nm, mostrando subestructura característica inusual (patrón parecido a una sogá). Pertenece al género *Trichovirus*.

Síntomas en ulluco. Asintomático.

Hospedantes

Natural: restringido. Ulluco, papa, mashua (*Tropaeolum tuberosum* R & P) y oca (*Oxalis tuberosa* Mol.)

Experimental: restringido. Infecta especies en *Amarantaceae*, *Chenopodiaceae*, *Leguminosae* y *Solanaceae*.

Distribución geográfica. Perú, Argentina y Bolivia. Probablemente en toda la región andina.

Transmisión. Por propagación vegetativa. Mecánicamente (e.g. maquinaria), por contacto entre plantas. Probablemente por semilla sexual (puesto que esto ocurre en papa y en *Chenopodium quinoa*, *Datura stramonium* y *Nicandra physaloides*).

Detección. Por ELISA, NASH y RT-PCR. También por inoculación de savia a *Chenopodium amaranticolor* y *C. quinoa* (algunas veces con manchas cloróticas locales, luego mosaico y necrosis sistémica en la hoja, seguido de necrosis apical en ambas plantas indicadoras).

Significancia. Desconocida, pero con significancia cuarentenaria. Debido a su probabilidad de transmisión por semilla sexual, el PVT es más importante en programas de mejoramiento de germoplasma que emplean mejoramiento tradicional y en programas dedicados a la producción de semilla botánica de papa para mantenimiento de germoplasma.

Control. Uso de tubérculos-semilla sanos.

Virus latente andino de la papa (APLV)

Virus. Partículas isométricas de 28 - 30 nm de diámetro. Dos componentes con diferente coeficiente de sedimentación: 115 S (B, conteniendo ácido nucleico) y 54 S (T, vacías). El virus tiene tres principales variantes (grupos serológicos). Pertenece al género *Tymovirus*.

Síntomas en ulluco. Asintomático.

Hospedantes

Natural: restringido. Ulluco y papa.

Experimental: restringido. Principalmente en *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cucurbitaceae* y *Solanaceae*.

Distribución geográfica. Perú, Argentina, Bolivia, Colombia y Ecuador. Común en la región andina de Sudamérica (en papa).

Transmisión. Por propagación vegetativa. Mecánicamente (movimiento de animales y maquinaria en el campo) incluyendo el contacto entre plantas. En forma experimental y bajo condiciones de invernadero se logra la transmisión de papa a ulluco, pero no de ulluco a papa.

Epitrix spp. es vector de APLV, pero de muy baja eficiencia. Es probable que se transmita por semilla sexual, como ocurre en papa, aunque en muy bajo porcentaje.

Detección. Por ELISA, NASH y RT-PCR. También se detecta por inoculación mecánica a *Nicotiana bigelovii* (lesiones locales y mosaico sistémico) y *N. clevelandii* o *N. debneyi* (mosaico severo sistémico, algunas veces aclareo de nervaduras en forma de malla en *N. clevelandii*).

Significancia. No determinada.

Control. Uso de tubérculos-semilla sanos. Cuando las poblaciones de *Epitrix* son altas, la aplicación de insecticidas puede ayudar a disminuir la diseminación del virus.

Virus C del ulluco (UVC)

Virus. Partículas isométricas de 28 nm de diámetro, con tres componentes de diferentes coeficientes de sedimentación: 116 S (B), 51 S (T) y 95 S (M). El componente M no contiene ácido nucleico (partículas vacías). Pertenece al género *Comovirus*, familia *Comoviridae*.

Síntomas en ulluco. Comúnmente asintomático, pero en combinación con UMV induce mosaico severo (Figura 5).

Hospedantes

Natural: restringido. Ulluco.

Experimental: restringido. Infecta *Chenopodiaceae*, *Nicotiana clevelandii* y *Tetragonia expansa*.

Distribución geográfica. Perú, Argentina, Bolivia, Colombia y Ecuador.

Transmisión. Por propagación vegetativa. Mecánica por contacto entre plantas.

Detección. Por ELISA e inoculación mecánica a *Chenopodium murale* (lesiones locales cloróticas, no sistémico), *C. amaranticolor* y *C. quinoa* (lesiones locales cloróticas y clorosis sistémica en las hojas).

Significancia. Reducción en el rendimiento, alrededor de 27 %, en infección secundaria.

Control. Uso de tubérculos-semilla sanos.

Virus A de la arracacha (AVA)

Virus. Partículas isométricas de 26 nm de diámetro. En purificaciones se presentan tres componentes con diferente sedimentación: 125 S (B), 92 S (M) y 50 S (T). Pertenece al género *Nepovirus*, familia *Comoviridae*.

Síntomas en ulluco. Comúnmente asintomático, pero en infecciones mixtas con otros virus se puede observar mosaico y deformación de hojas.

Hospedantes

Natural: restringido. Ulluco y arracacha.

Experimental: relativamente amplio. Infecta especies en varias familias: *Amaranthaceae* (*Amaranthus caudatus*), *Chenopodiaceae* (*Chenopodium quinoa*) y *Solanaceae* (*Datura stramonium*, *Nicandra physaloides*, *Physalis peruviana* y varias especies silvestres de *Nicotiana* spp.); *Cucurbitaceae* (*Cucumis sativus*, *Cucurbita pepo*), entre otras. Las plantas infectadas en forma experimental muestran mayormente lesiones locales, mosaico, moteado y pueden llegar a recuperarse.

Distribución geográfica. Perú (infectando ulluco). Sur y Centro América (infectando arracacha).

Transmisión. Por propagación vegetativa. Por inoculación mecánica, pero no por contacto entre plantas. Probablemente transmitido por un nematodo. Se transmite por semilla sexual (en *Nicotiana clevelandii*).

Detección. Por ELISA y por inoculación mecánica a *C. quinoa*, *C. murale*, *N. clevelandii* (anillos o lesiones locales, mosaico y moteado sistémico), y a *Tetragonia expansa* (moteado y necrosis sistémica).

Significancia. No determinada.

Control. Uso de tubérculos-semilla sanos. Eliminación de la fuente de inóculo (e.g. malezas y hospedantes del virus).

Virus del mosaico de la papaya, aislado de ulluco (PapMV-U)

Virus. Partículas filamentosas flexuosas de 530 nm de longitud. Pertenece al género *Potexvirus*.

Síntomas en ulluco. Asintomático, pero en infección mixta con UMV produce mosaico temporal. En combinación con otros virus se puede observar síntomas evidentes en el campo (Figura 5).

Hospedantes

Natural: restringido. Ulluco, oca, mashua y papayo.

Experimental: amplio. Infecta a 15 de 29 especies, en siete de nueve familias probadas.

Distribución geográfica. Perú, Argentina, Bolivia, Colombia y Ecuador (infectando ulluco). En Venezuela y Estados Unidos infecta papayo.

Transmisión. Por propagación vegetativa. Por inoculación mecánica y probablemente por contacto entre plantas.

Detección. Por ELISA e inoculación mecánica a *C. amaranticolor* (lesiones locales cloróticas, no sistémico), *Gomphrena globosa* (lesiones locales cloróticas, que se vuelven necróticas con márgenes rojos).

Significancia. Con infección secundaria la reducción del rendimiento puede ser de, hasta 29 %.

Control. Uso de tubérculos-semilla sanos.

Virus del mosaico del ulluco (UMV)

Virus. Partículas filamentosas flexuosas de 752 x 12 nm. Pertenece al género *Potyvirus*, familia *Potyviridae*.

Síntomas en ulluco. Mosaico suave a moteado clorótico y deformación de las hojas (Figura 6).

Hospedantes

Natural: restringido. Ulluco.

Experimental: relativamente amplio. Infecta especies en varias familias (*Chenopodiaceae*, *Solanaceae*, entre otras).

Distribución geográfica. Perú, Argentina, Bolivia, Colombia y Ecuador.

Transmisión. Por propagación vegetativa. Por el áfido vector *Myzus persicae* en forma no persistente. No ocurre por contacto entre plantas.



Figura 6. Plantas de ulluco infectadas con UMV, mostrando síntomas de mosaico.

Detección. Por ELISA e inoculación de savia a *N. benthamiana* (clorosis sistémica y deformación de hojas), *Physalis floridana* (mosaico clorótico sistémico), *C. quinoa* y *C. amaranticolor* (lesiones locales cloróticas, no sistémico).

Significancia. Por infección secundaria afecta el rendimiento hasta en 29 %.

Control. Uso de tubérculos-semilla sanos. El control de vectores puede no ser eficiente.

Virus del moteado suave del ulluco (UMMV)

Virus. Partículas filamentosas rígidas en forma de varilla de 300 x 18 nm. Pertenece al género *Tobamovirus*.

Síntomas en ulluco. Moteado que desaparece al poco tiempo.

Hospedantes.

Natural: restringido. Ulluco.

Experimental: amplio. Infecta a varias (9) familias (*Chenopodiaceae*, *Solanaceae*, entre otras).

Distribución geográfica. Perú, Argentina, Bolivia, Colombia y Ecuador.

Transmisión. Por propagación vegetativa. Mecánica por contacto entre plantas o durante las operaciones de cultivo.

Detección. Por ELISA e inoculación mecánica a *N. benthamiana*, *N. clevelandii*, *Datura metel* (clorosis sistémica), *N. glutinosa*, *N. rustica*, *N. tabacum* (lesiones locales cloróticas o necróticas, no sistémico), *C. amaranticolor*, *C. quinoa* (lesiones locales o anillos cloróticos, no sistémico)

Significancia. No determinada.

Control. Uso de tubérculos-semilla sanos.

Efecto en el rendimiento

Los experimentos de campo realizados en Huancayo y en la zona de producción de La Libertad (Junín, Perú) con los genotipos MH-290 (accesión de Bolivia) y Jaspeado (cultivar Peruano) muestran que los virus pueden causar una reducción significativa del rendimiento en plantas de ulluco con infección secundaria (plantas proveniente de tubérculos infectados), lo cual no sucede en plantas con infección primaria (plantas infectadas durante el

desarrollo del cultivo). Así, los virus UMV y UVC por sí solos y la combinación de ellos con PapMV-U producen una reducción significativa en el rendimiento (alrededor del 30%) de plantas de ulluco MH-290 (Cuadro 5 y Figura 7), así como lo hacen los virus PLRV y PapMV-U en plantas de Jaspeado (Cuadro 5 y Figura 8). La infección viral también tiene un efecto significativo en el crecimiento (tamaño) de las plantas de MH-290, pero no en las de Jaspeado.

Los campos de ulluco con plantas provenientes de tubérculos-semilla sanos o con bajos niveles de infección producen más que aquellos campos con plantas provenientes de tubérculos-semilla infectados, aunque la mayoría de virus causen infección asintomática (ver Cuadro 13, del Capítulo VII sobre Tubérculos-Semilla).

La propagación de la infección (porcentaje de tubérculos infectados con virus, provenientes de una planta infectada con el mismo virus) es cerca del 100% con UMV, UVC, y PapMV-U en la entrada MH-290, pero menor (88 % con UMV, 22 % con UVC, y el 20 % con PLRV) en la variedad Jaspeado. Las diferencias en la propagación de la infección observada entre la accesión MH-290 y la variedad Jaspeado pueden ser debidas a las interacciones entre hospedante, patógeno y medio ambiente.

Las plantas provenientes de tubérculos-semilla infectados, en alguna forma, poseen menor rendimiento de tubérculos de calidad comercial que aquellas plantas provenientes de tubérculos-semilla sanos (Cuadro 5 en este documento y Cuadro 13 en el Capítulo sobre producción de tubérculos-semilla), aunque las diferencias no son siempre estadísticamente significativas.

No se conoce todavía el efecto que puedan tener los virus PVT, APLV, UMMV y AVA en la producción de ulluco.

Velocidad de infección de plantas de ulluco libre de virus

Los datos obtenidos del seguimiento de los campos de agricultores de La Libertad, a los que se le entregaron tubérculos-semilla libre de virus, demuestran que las plantas se infectan rápidamente con virus de una campaña a otra en altitudes por debajo de los 3,500 m. La velocidad de infección se mantuvo baja hasta la tercera exposición en campo, en la cual la infección con PLRV superó el 50 % (Cuadro 6).

Asimismo, la evaluación de plantas y tubérculos provenientes de diferentes categorías de semilla, en diferentes campos de producción de la zona de La

Cuadro 5. Rendimiento promedio de tubérculos (kg) de plantas de ulluco (MH-290 y Jaspeado) con infección secundaria, sembrados en dos diferentes campañas y lugares en Junín, Perú

Campaña, lugar y variedad	Tratamiento	Rendimiento ¹		Reducción en el rendimiento (%) ²
		Peso total	Calidad comercial	
1995-1996 (Huancayo) MH-290	Control sano	26.9 a	16.0 a	
	UMV	19.1 bc	10.5 bc	29
	UVC	19.7 bc	10.7 bc	27
	PapMV-U	24.2 a	14.5 ab	10
	UMV + UVC + PapMV-U	16.7 bc	10.5 bc	38
1998-1999 (La Libertad) Jaspeado	Control sano	19.8 a	nt ³	
	UMV	16.4 a	nt	17
	UVC	19.5 a	nt	2
	PapMV-U	14.1 b	nt	29
	PLRV	13.9 b	nt	30

Nota: Ver Cuadro 1 para los nombres completos de los virus.

¹ Medias dentro de columnas seguidas por las mismas letras no difieren significativamente ($p = 0.05$). Surcos internos de 66 y 20 plantas para MH-290 y Jaspeado, respectivamente.

² Comparado con el rendimiento total del control sano.

³ nt = no evaluados.

Fuente: Lizárraga *et al.*, 2001.



Figura 7. Reducción en el rendimiento (porcentajes) de plantas de ulluco MH-290 con infección secundaria con virus (derecha) y los testigos sanos (izquierda): **A)** UMV; **B)** UVC; **C)** PapMV-U y **D)** UMV + UVC + PapMV-U. Nótese la diferencia en la cantidad de tubérculos.



Figura 8. Efecto de los virus en el rendimiento de plantas de ulluco Jaspeado en infección secundaria con PLRV y PapMV-U. Tubérculos cosechados de 20 plantas por tratamiento. Porcentajes indican reducción en el rendimiento.

Cuadro 6. Reinfeción (%)¹ de plantas de ulluco Jaspeado libre de virus en campos de agricultores en La Libertad, Concepción, Junín, Perú (3500 msnm)

Campo	Campaña					
	1996-1997 ²		1997-1998 ²		1998-1999 ²	
Agricultor 1	PLRV	1.3 ± 2.5	No sembrado		No sembrado	
	APLV	1.3 ± 2.5				
Agricultor 2	UMV	1.3 ± 2.5	UMV	5 ± 4.8	UMV	27.5 ± 9.8
	UVC	1.3 ± 2.5	UVC	2.5 ± 3.5	UVC	12.5 ± 7.2
			PapMV-U	1.3 ± 2.5	PapMV-U	5.0 ± 4.8
			UMMV	2.5 ± 3.5	UMMV	13.8 ± 7.6
	PLRV	10.0 ± 6.6	PLRV	11 ± 7	PLRV	51.3 ± 11.0
			APLV	2.5 ± 3.5	APLV	13.8 ± 7.6
Agricultor 3	PLRV	2.5 ± 3.5	No sembrado		No sembrado	

Nota: ver Cuadro 1 para el nombre completo de los virus.

¹ ± límites de confianza (p = 0.05).

² Las plantas fueron evaluadas para todos los virus de ulluco, pero sólo se indican en el Cuadro aquellos que se detectaron.

Fuente: Lizárraga *et al.*, 2001.

Cuadro 7. Reinfeción (%)¹ de plantas y tubérculos-semillas de ulluco Jaspeado provenientes de ulluco libre de virus producido en campos de La Libertad, Concepción, Junín, Perú (3,500 m)

Muestras ²	Categoría ³	Evaluados	UVC	UMV	PapMV-U	UMMV	PLRV	APLV	PVT	AVA
Plantas	Libre de virus	48	0	0	0	0	0	0	nt ⁴	0
	Básica	105	4±3.7	4±3.7	0	4±3.7	41±9.5	11±6.0	nt	0
	Certificada	58	12±8.5	12±8.5	3±4.5	9±7.5	48±13.1	28±11.8	nt	0
Tubérculos	Certificada	49	33±13.4	45±14.2	0	27±12.7	0	57±14.1	0	0

Nota: Ver Cuadro 1 para los nombres completos de los virus.

¹ ± límites de confianza (p = 0.05).

² Plantas y tubérculos de la campaña 1997-1998 y 1999-2000, respectivamente.

³ Libre de virus (o Prebásica) = 1^{ra} generación en invernadero; Básica = 2^{da} generación en campo; Certificada = 3^{ra} generación en campo.

⁴ nt = no evaluadas.

Fuente: Lizárraga *et al.*, 2001.

Libertad, durante los años 1997/1998 y 1999/2000 demuestra que la infección de las plantas de ulluco provenientes de semilla básica (dos exposiciones de campo) y semilla certificada (tres exposiciones en campo) puede llegar, en ambos casos, a 40 % con PLRV, aunque este virus no se llegó a detectar en la semilla certificada de la siguiente campaña agrícola (Cuadro 7). Otros virus que comúnmente infectan a las plantas de ulluco provenientes de tubérculos-semilla sanos son: APLV, UMV, UVC, y UMMV (Cuadro 7).

Los virus UMV, PLRV y APLV fueron los que se encontraron con mayor frecuencia infectando plantas de ulluco libre de virus expuestas en la zona de producción de La Libertad (Cuadros 6 y 7). Tanto el PLRV como el UMV son transmitidos por áfidos. Estos resultados son contrarios a los obtenidos en los estudios de infección de plantas de papa libre de virus en una localidad cercana, donde la infección de virus (PLRV y PVY) por la transmisión por áfidos fue baja (Bertschinger, 1992).

Epidemiología y Control

Epidemiología

La fuente de inóculo más común en las enfermedades causadas por virus en ulluco, es el material de siembra infectado. Los virus se propagan de un ciclo de cultivo al siguiente por medio de las plantas que se originan de los tubérculos enfermos. Las plantas con enfermedades virales severas, especialmente aquellas infecciones mixtas de dos o más virus, pueden detectarse visualmente de manera ocasional y eliminarse con facilidad. Sin embargo, la detección por inspección ocular no siempre es segura en todos los estadios del ciclo de la planta. Algunos de los virus se transmiten por medio de áfidos vectores. Por lo tanto para prevenir la transmisión de virus a material sano, debe sembrarse en áreas libres de fuentes de inóculo y aislados de campos de producción comercial tanto de ulluco como de papa. El control de los insectos y especialmente de los áfidos para evitar la diseminación de los virus puede no tener éxito, especialmente para el UMV, debido a que este virus es transmitido en forma no persistente.

El ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) se siembra como monocultivo o en asociación con otros tubérculos andinos como papa, oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), y la mashua (*Tropaeolum tuberosum* R & P). Es de interés epidemiológico saber que el PLRV, APLV, PVT, PapMV-U y AVA infectan naturalmente otros cultivos andinos, especialmente la papa (Cuadro 4).

En el sistema tradicional de cultivos, los agricultores peruanos siembran ulluco y papa en forma asociada (se puede ver plantas o cultivos de ulluco entre los campos de papa, o ulluco sembrado en campos donde antes creció papa - Figura 9) favoreciéndose la diseminación de virus entre los cultivos (Figura 10). Esta ocurrencia ha sido demostrada con PLRV, por lo que se recomienda que los campos de producción de semilla de ulluco y de papa deben estar distanciados el uno del otro. Una situación similar puede también estar ocurriendo con APLV en papa y PVT, PapMV-U y AVA en otros cultivos andinos. Mientras no se conozca al detalle la diseminación de los virus bajo estas condiciones, se deben tomar las precauciones del caso y evitar mantener las colecciones de germoplasma de varios cultivos andinos en un mismo campo.

Toda información que se pueda recopilar sobre los virus que infectan al ulluco, permitirán conocer la dispersión de los virus y la localización geográfica de los mismos. Así se podría evitar la diseminación de los virus a áreas libres de determinado patógeno. Por ejemplo, el movimiento de material infectado con AVA del Perú a los otros países de la región andina o del Dpto. de Ancash a los demás departamentos del Perú (Cuadro 3).



Figura 9. Sistema tradicional de cultivo de los agricultores peruanos. A) campos de ulluco y papa sembrados uno al lado del otro. B) plantas de ulluco y papa sembrados en un mismo campo. Este sistema tradicional de cultivo favorece la diseminación de los virus entre los cultivos.

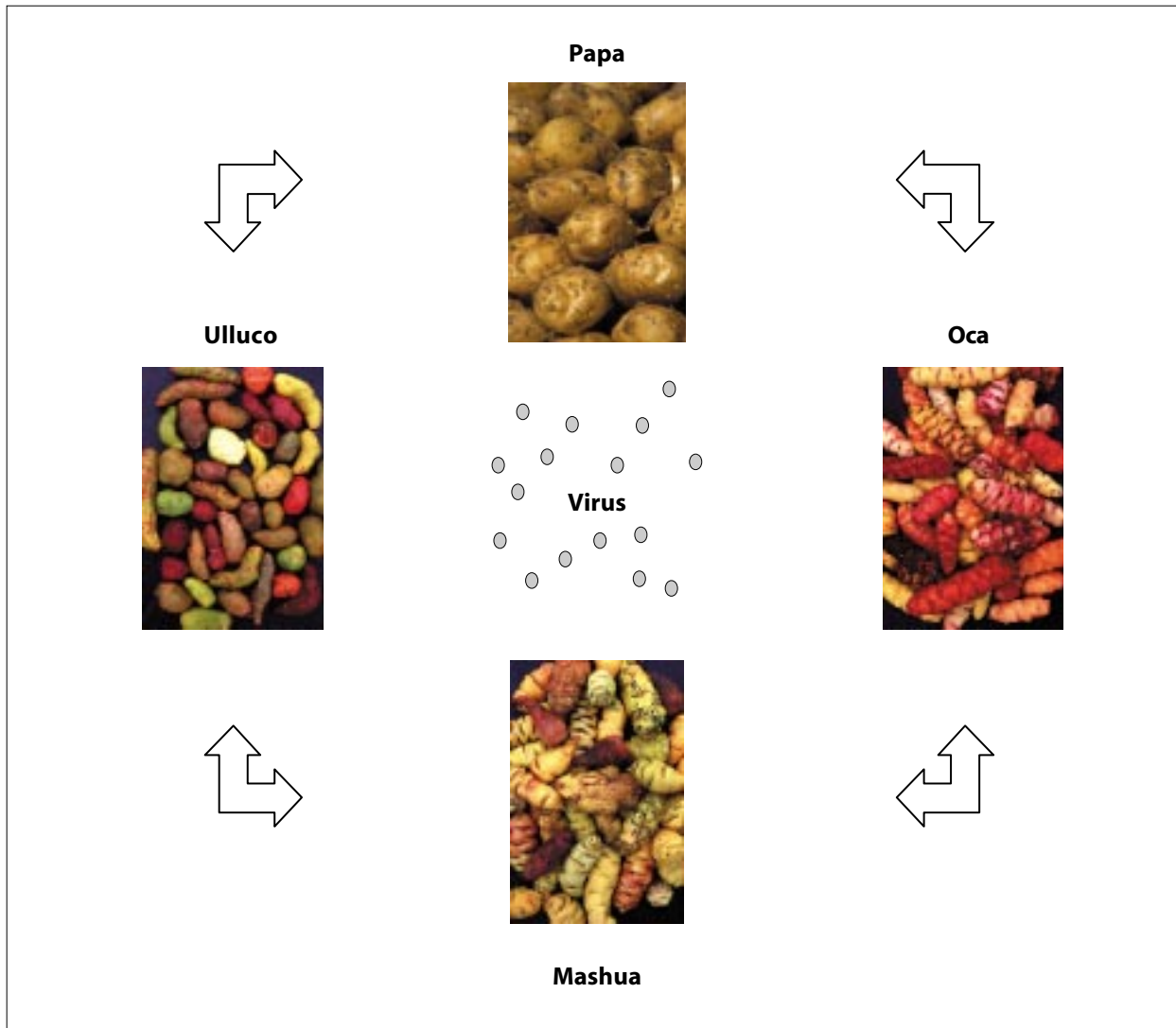


Figura 10. Diseminación de virus (e.g. PLRV, PVT) entre cultivos andinos. Ello implica que el campo de ulluco podría ser fuente de virus en la producción de tubérculos-semilla de papa y viceversa.

Control

El control, en la forma de prevención, de los virus en ulluco está basado esencialmente en las mismas estrategias utilizadas para cualquier otra enfermedad viral en cualquier otro cultivo. Sin embargo, hasta ahora la producción de semilla sana es la más práctica mas efectiva. A continuación enumeramos algunas de las medidas de control.

Producción de tubérculos-semilla sanos

La producción de semilla sana, con bajos porcentajes de infección viral es la mejor y mas rápida estrategia de control ya que al disminuir las fuentes de infección en el campo, la dispersión de la enfermedad es reducida y dependiente de las poblaciones y estadios del vector.

En el caso de las enfermedades virales del ulluco, el uso de la semilla sana es la única medida de control disponible al momento. Sin embargo, para que esta medida se implemente se requiere contar con métodos precisos y sensitivos para detectar a los virus.

Los tubérculos-semilla deben ser multiplicados solamente en zonas con baja incidencia de áfidos vectores. El conocimiento de la dinámica de las poblaciones de áfidos es importante para decidir dónde, cuándo y cómo producir y proteger un cultivo destinado a producir semillas. Para el caso de Junín, Perú, la producción de tubérculos-semilla de ulluco se puede realizar en lugares arriba de los 3,600 m de altitud, donde la tasa de infección es baja.

Debido a que al virus le toma algún tiempo para llegar desde el follaje a los tubérculos, los tubérculos-semilla deben ser cosechados a más tardar, ocho a diez días después de que los áfidos han sido detectados

Si se desea tener buenos rendimientos, se recomienda que los tubérculos-semilla sean renovados cada tres campañas (siembras) en lugares seleccionados en Junín por debajo de los 3,500 m. En otros lugares, la renovación de los tubérculos-semilla dependerá de la tasa de infección por virus determinada en los mismos.

La producción de tubérculos-semilla sanos se logra a partir de plantas de las cuales se han eliminado (erradicado) los virus.

Erradicación de virus mediante termoterapia y cultivo de meristemos

La termoterapia combinada con el cultivo de meristemos permite la obtención de plantas sanas, es decir libres de los virus conocidos. Las plantas que fueran a usarse para la multiplicación rápida del ulluco, ya sea plantas *in vitro* o *in vivo*, deben primero indexarse para confirmar la ausencia de los virus conocidos. En esta forma se podrá identificar aquellas plantas que estén libres de virus. Las plantas libres de virus, deben también corresponder al genotipo de la planta.

Desarrollo de cultivares resistentes a virus

El desarrollo de cultivares resistentes a virus, a través de mejoramiento tradicional o a través de métodos biotecnológicos, es otra alternativa viable para el control de los virus. En el caso del ulluco, no se han identificado genotipos resistentes a virus. Para ello es de gran utilidad poder contar con una amplia colección de genotipos como las colecciones de germoplasma que se mantienen en el Centro Internacional de la Papa (CIP).

Reducción del inóculo potencial

En el caso de las enfermedades causadas por virus esta medida asume la existencia de las plantas hospedantes, su distribución e incidencia en la región. La mayoría de virus que infectan ulluco tienen un rango de hospedantes restringido, excepto aquellos que tienen un amplio rango de hospedantes experimentales y que pueden crecer y ser abundantes como malezas en los campos de cultivo. Por lo tanto, las plantas de ulluco, papa y malezas infectadas que se encuentran dentro y alrededor del campo de cultivo se convierten en fuentes de infección y hospedantes de áfidos virulíferos, por lo que deben ser eliminadas o descartadas. La eliminación de las fuentes de inóculo es efectiva sólo cuando se lleva a cabo en todos los alrededores. Esto es especialmente importante cuando el cultivo es destinado a la producción de tubérculos-semilla.

Descarte (“roguing” o selección negativa)

El descarte es una técnica de control mediante la cual las plantas infectadas, plantas atípicas, indeseables, incluyendo las plantas espontáneas o voluntarias, son identificadas, extraídas, retiradas del campo y destruidas.

Las infecciones sistémicas causadas por los virus pueden establecer un ciclo continuo de enfermedad con severas consecuencias, que puede llevar a la completa degeneración de la semilla inicialmente sana. Siendo la sanidad de los tubérculos-semilla un factor crítico en la producción de ulluco, el descarte proporciona medios efectivos para romper este ciclo. Mediante el descarte, los productores de semilla eliminan las plantas que producen tubérculos-semilla enfermos y también las fuentes de contaminación dentro del cultivo.

Cuando ocurren infecciones mixtas de dos o más virus, la identificación de las plantas enfermas se hace en base a síntomas visibles como mosaico, deformación de hojas, enanismo, etc.; por lo tanto, la erradicación de plantas enfermas no es posible ni efectivo cuando ocurren infecciones asintomáticas, mayormente cuando ocurren infecciones por un solo virus.

El descarte reduce las posibilidades de diseminación de la enfermedad a las plantas sanas, por que se reduce las fuentes de inóculo. Además debe tomarse la debida precaución para reducir la transmisión por vectores o por contacto. El descarte deja de ser efectivo cuando los insectos, especialmente los áfidos, están diseminados por todo el campo. Los insectos vectores al ser perturbados por el descarte se trasladan a otras plantas y, en consecuencia, difunden la infección. Para controlar este problema, se debe combinar el descarte con el uso de un insecticida efectivo, aplicado dos o tres días antes del descarte.

Como al efectuar el descarte se contaminan las manos, sólo se deben tocar las plantas que se van a descartar. De lo contrario, la infección puede transmitirse a las plantas sanas. Para reducir la transmisión de virus por contacto al caminar a través del campo, se tratará de hacer el descarte antes de que los espacios entre surcos estén cubiertos por el follaje.

Es recomendable hacer la identificación de las plantas enfermas y el descarte bajo condiciones nubladas. Si la identificación se hace en días soleados, las plantas deben visualizarse en tal forma que la sombra del cuerpo del operador se proyecte sobre las plantas siendo evaluadas. Esto significa que el sol debe caer en la espalda del operador.

El descarte no es práctico en campos donde la mayor parte de las plantas están infectadas. En estos casos, se puede efectuar la selección positiva, que es el proceso mediante el cual se seleccionan y marcan las plantas más sanas y mejor conformadas. Las plantas de ulluco infectadas con un solo virus son generalmente asintomáticas; en este caso se corre el riesgo de seleccionar plantas infectadas al utilizar la selección positiva.

Control del vector

El control del vector por medio de prácticas culturales como época de siembra, destrucción de los residuos de cosecha, hospedantes alternos y plantas espontáneas y el uso de barreras físicas, es una última posibilidad para el control de las enfermedades virales. La aplicación de pesticidas para el control de vectores es efectiva, más no como medida única de control.

Estudio de poblaciones de áfidos

Estos estudios ayudan a decidir si una zona o época de siembra es apropiada para producir tubérculos-semilla. Estos estudios permiten determinar el mejor momento para la aplicación de insecticidas y para la eliminación del follaje del cultivo.

El límite crítico de áfidos para transmisión de virus es cuando la población alcanza 5 áfidos alados por trampa amarilla en una semana y/o se cuenten más de 20 áfidos por cada 100 hojas (Raman, 1986).

Selección de campos

Las poblaciones de áfidos son muy restringidas en áreas con temperatura baja, humedad relativa alta y expuestas a vientos. Estas áreas son las más adecuadas para la producción de tubérculos-semilla. Para evitar la emigración de insectos vectores llevados por el viento a los campos semilleros, éstos deben estar aislados de los campos comerciales de papa y ulluco y ubicados antes de dichos campos comerciales en la dirección predominante del viento en los campos comerciales de ulluco, papa y otros cultivos hospedantes alternos.

La multiplicación de áfidos y la transmisión de virus en los brotes de los tubérculos deben ser controlados por medio de un apropiado almacenamiento y por el uso de insecticidas.

Control químico

Los insecticidas restringen el establecimiento de los áfidos y la diseminación de los virus dentro del campo o almacén conteniendo tubérculos brotados. Ellos son especialmente efectivos en prevenir los virus

persistentes (e.g. PLRV) debido al proceso de transmisión mucho más lento. El control de la contaminación con virus de los campos vecinos es más difícil y depende del efecto residual del insecticida. Los insecticidas sistémicos son translocados dentro de la planta. Además, lo más apropiado es aplicar aspersiones al follaje y productos granulados en el suelo.

Referencias bibliográficas

- Badani, A.G.; S. Gonzáles; G. Plata.; E.N. Fernández-Northcote. 1997. Incidencia de virus en papalisa (*Ullucus tuberosus* Loz) en Cochabamba, Bolivia. En: Resúmenes IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Abril 22-25, 1997. Cusco, Perú. p.15.
- Bertschinger, L. 1992. Modeling of potato virus pathosystems by means of quantitative epidemiology: An exemplary case based on virus degeneration studies in Peru. Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland. 111 p.
- Brunt, A..A.; S. Phillips; R.A.C. Jones; R.H. Kenten. 1982. Virus detected in *Ullucus tuberosus* (Basellaceae) from Peru and Bolivia. Ann. Appl. Biol. 101:65-71.
- Duque, L.M.; M. Hermann. 1994. Erradicación de virus en melloco (*Ullucus tuberosus* Caldas). Carta de SEFIT – Sociedad Ecuatoriana de Fitopatología 3: 1-3.
- Hodge, W.H. 1951. Three native tuber plants of the high Andes. Economic Botany 5: 185-201.
- Jones, R.A.C.; R.H. Kenten. 1978. Arracacha virus A, a newly recognized virus infecting arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*: Umbelliferae) in the Peruvian Andes. Ann. Appl. Biol. 90: 85-91.
- Lizárraga, C.; M. Querci; M. Santa Cruz; I. Bartolini; L.F. Salazar. 2000. Other natural hosts of potato virus T. Plant Dis. 84: 736-738.
- Lizárraga, C.; M. Santa Cruz; J.L. Marca; L.F. Salazar. 1999. La importancia de los virus que infectan a *Ullucus tuberosus* Caldas en el Perú. Fitopatología 34: 22-28.
- 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. CIP Program Report 1999-2000. International Potato Center. Lima, Perú. p. 381 – 389.
- Lizárraga, C.; M. Santa Cruz; L.F. Salazar. 1997. Progress in identifying viruses infecting Andean root and tuber crops. Program Report 1995-1996. International Potato Center (CIP). Lima, Perú. p.156 – 158.
- Lizárraga, C.; M. Santa Cruz, M.; L.F. Salazar. 1996. First report of potato leafroll virus in ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). Plant Dis. 80: 344 (Abstr.).
- Raman, K.V. 1986. Transmisión de virus de papa por áfidos, Boletín de Información Técnica No. 2. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 22 p.

- Salazar, L.F. 1996. Potato viruses and their control. International Potato Center (CIP). Lima, Perú. 214 p.
- Steel, R.G.; J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. McGraw-Hill Book Co, NY, USA. 623 p.
- Stone, O.M. 1982. The elimination of four viruses from *Ullucus tuberosus* by meristem-tip culture and chemotherapy. Ann. Appl. Biol. 101:79-83.
- Toledo, J.; U. Jayasinghe; J. Anguerre; R. Estrada; M. Hermann. 1994. Avances en los estudios de enfermedades virales en *Ullucus tuberosus*. Agro-Sur 22: 14 (Resumen)
- 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.