

LA INCIDENCIA DE VIRUS DE PAPA EN CULTIVARES NATIVOS Y MEJORADOS EN LA SIERRA PERUANA*

L. Bertschinger**, U.C. Scheidegger**, K. Luther**, O. Pinillos***, A. Hidalgo***

RESUMEN

En el período 1985-87 se investigó la incidencia de siete virus de papa: PVX, PVS, APMV, APLV, PLRV, PVY y SB-22 en campos y tubérculos-semillas comunes de cultivares nativos y mejorados de agricultores de la Sierra Central y Sierra Sur del Perú. Como nativos se consideró el complejo de cultivares de las especies *Solanum goniocalyx*, *S. chaucha* y *S. tuberosum ssp. andigena*, que son las más sembradas en las zonas referidas. En general, las muestras resultaron muy infectadas (promedios de 62 a 98% de infección de virus por lote/por zona). PVX fue el virus de mayor incidencia (37-82%), seguido por PVS (19-53%); la incidencia promedio de PLRV y PVY fue de 0.7-6.8%. En particular, PLRV resultó muy difundido en lotes de cultivares nativos (24%). La incidencia del virus denominado SB-22 fue particularmente alta (39%) en el cultivar Ccompis (*S. tuberosum ssp. andigena*) lo mismo que el APLV (25%) en el cultivar Huayro (*S. chaucha*). Para APMV se determinó, en las zonas investigadas, una incidencia mediana (3-13%). La incidencia de PVX y PVS fue significativamente más alta en cultivares mejorados que en cultivares nativos, mientras que la situación con PLRV y PVY fue a la inversa. En Cusco se investigó la incidencia de los virus en campos de papa plantados con tubérculos-semillas distribuidos antes de 1986 por proyectos de desarrollo rural y en campos plantados con tubérculos-semillas de agricultores procedentes de ferias, vecinos, y otros. No se encontró diferencias significativas entre ambas categorías. Se discuten los resultados en relación a su relevancia para la producción de tubérculos-semillas de alta calidad fitosanitaria.

Aceptado para publicación: Junio 29, 1991

* Trabajo financiado por el Proyecto "Apoyo a la Producción e Investigación en Papa para Mejorar la Productividad de la Papa en el Perú" (Convenio INIAA-CIP-COTESU).

** Ing. Agr., Virólogo; Ing. Agr., PH.D., Especialista en Producción de Semilla; Ing. Agr., Virólogo, Centro Internacional de la Papa (CIP), Apartado 5969, Lima, Perú.

*** Ing. Agr., Virólogo; Ing. Agr., M.Sc., Director Programa de Investigaciones en Papa (PIPA), Estación Experimental Sta. Ana, Huancayo, Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA), Huancayo, Perú.

Palabras Claves Adicionales: PVX, PVS, APMV, APLV, PVY, PLRV, SB-22, tubérculos-semillas del agricultor, tubérculos-semillas de proyectos.

SUMMARY

VIRUS INCIDENCE IN NATIVE AND MODERN CULTIVARS IN THE PERUVIAN HIGHLANDS

In the period 1985-87, the incidence of seven potato viruses: PVX, PVS, APMV, APLV, PLRV, PVY, SB-22 was studied in fields and tuber seeds of native and modern cultivars, using farmers' seed in the Peruvian central and southern highlands. A complex of cultivars from the species *Solanum goniocatyx*, *S. chaucha* y *S. tuberosum ssp. andigena* which are the most important ones in these zones, has been considered as native cultivars. In general, samples and seed tubers were very infected by virus (average 62 to 98% of infected tubers per seed lot over zone). PVX was the most incident virus (37-82%), followed by PVS (19-53%); the average incidences per seed lot for PLRV and PVY were of 0.7-6.8% of infected tubers. PLRV was widely spread in native cultivars (24%). Incidence of the virus SB-22 was particularly high (39%) in cv. Ccompis (*S. tuberosum ssp. andigena*); incidence of APLV was also high (25%) in cv. Huayro (*S. chaucha*). The incidence of APMV (3 to 13%) was determined to be intermediate in these zones. Comparing seed tubers of native and modern cultivars significantly more tubers of modern cultivars were infected by PVX and PVS, whereas the situation for PLRV and PVY was the opposite. In Cusco, the virus incidence in farmers' seed tubers was compared to the present infection of seed tubers which had been originally distributed, before 1986, by rural development projects. No significant differences in terms of virus incidence were determined between these seed categories. Results are discussed in relation to their relevance for potato tuber seed production.

Additional Index Words: PVX, PVS, APMV, APLV, PVY, PLRV, SB-22, farmers' seed tubers, rural development projects' seed tubers.

La "degeneración" del tubérculo-semilla es uno de los factores que ha sido relacionado con la baja productividad (8 t/ha) de la papa en el Perú (9).

Una de las causas más importantes de la "degeneración" es atribuida a los virus que inciden en papa, que pueden causar mermas en el rendimiento de hasta 50% y más en la región andina (12,24). El Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA) del Perú, conduce el Programa de Investigación en Papa (PIPA) para incrementar la productividad de este cultivo. El PIPA en 1982 inició un proyecto sobre producción e investigación en tubérculo-semilla de papa (8) con el apoyo del Centro Internacional de la Papa (CIP) y la Cooperación Técnica Suiza (COTESU). Basado en buenas experiencias obtenidas en otros países, el proyecto empezó a producir semilla de alta sanidad (libre de patógenos) como un medio para incrementar la productividad de la papa con tubérculos-semillas mejoradas, y evitar así los efectos dañinos del virus. El proyecto ha producido grandes volúmenes de tubérculo-semilla usando métodos innovativos como la erradicación de virus por termoterapia, cultivo de meristemas, técnicas de multiplicación rápida (cultivo de tejidos *in-vitro*, esquejes de tallo lateral) y otros.

Era necesario para este programa conocer la importancia que tienen los virus para la producción en diferentes zonas agroecológicas del Perú. Se consideró de primera importancia conocer qué virus eran los más difundidos en estas zonas y en cuánto afectaban el potencial productivo de la papa. Existen pocos estudios sobre la incidencia de virus en tubérculos-semillas de uso común en la zona andina (21,29). Casi todos los estudios ya publicados que tratan sobre la incidencia de virus en cultivares nativos han reportado incidencias en colecciones de germoplasma de papas, cultivadas en Estaciones Experimentales en América Latina o en países industrializados (18,19,21). En el PIPA, por tanto, se empezó a investigar la incidencia de virus en campos de papa a nivel de finca. Se consideraron como importantes para el Perú los virus PVX, PVS, APMV, APLV, PVY y PLRV. En los últimos estudios se incluyó además un virus recientemente descubierto y descrito en el Perú que se denomina hasta el momento SB-22 (5).

Los primeros avances de estos estudios señalaron que los tubérculos-semillas comúnmente utilizados por el agricultor en el Perú están muy degenerados por virus (26). Estos primeros estudios proporcionaron pocos datos sobre la incidencia en cultivares nativos y se concentraron sólo en el Valle del Mantaro en la Sierra Central del Perú.

El objetivo de las investigaciones que aquí se presentan, fue el de ampliar el conocimiento sobre la incidencia de los principales virus de papa en semillas de agricultores, en cultivares nativos y mejorados, en diferentes zonas agroecológicas de la Sierra Peruana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Generalidades

Los campos estudiados en esta investigación fueron en su mayoría el de los agricultores. Se denominan tubérculos-semillas del agricultor, aquellos producidos según métodos tradicionales y para la siembra de sus propios campos, para el trueque o venta en ferias u otras oportunidades. En los estudios llevados a cabo en la zona de Huasahuasi se incluyeron también campos de tubérculos-semillas conducidos por "semilleristas" registrados en el Ministerio de Agricultura.

La sola evaluación de síntomas viróticos en el follaje de plantas de papa no es segura para detectar la presencia de una infección virótica porque los síntomas pueden ser alterados por las condiciones ambientales de la Sierra (15). Se utilizó el método ELISA (6) para determinar la incidencia de virus. Este método serológico es muy sensible y de fácil manejo para detectar virus en tejidos vegetales. La incidencia de virus en un lote se determinó por el análisis de brotes de tubérculo o en muestras de hojas de plantas de campos de papa (Tabla 1).

En años anteriores no se disponía en el Perú de grandes volúmenes de tubérculos-semillas de alta sanidad. Se asumió por tanto, que la incidencia de los virus particulares en la semilla de los cultivares y zonas respectivas son resultado de un equilibrio biológico establecido a través de varios años. Se considera por tanto, que la incidencia de virus en estas condiciones ha permanecido estable con pequeñas variaciones a través de los años. Se descartó la posibilidad de que infecciones primarias en el año de análisis puedan influir mucho el nivel de infección.

Zonas consideradas

Se delimitaron zonas agroecológicas de condiciones comparables en términos agronómicos y socio-económicos.

Sierra Central (Departamento de Junín). Se colectaron muestras en el Valle del Mantaro, Pazos, Paucartambo y Huasahuasi. Las zonas productoras de papa mas importantes del Valle del Mantaro están en la parte interandina del valle la cual es muy amplia y relativamente seca al estar separada de la Selva sólo por la Cordillera Oriental de los Andes. El valle es una importante zona agrícola con producción de papa tanto para consumo como

para tubérculo-semilla. Existe un intercambio de tubérculos-semillas entre productores que además abastecen con este insumo a los valles húmedos, abiertos hacia la Selva. Aunque los "semilleristas" en el valle son agricultores medianos y grandes, la mayoría de los que viven encima de los 3500 msnm son pequeños productores. En el Valle del Mantaro se tomaron 36 muestras de diferentes cultivares nativos y mejorados (Tabla 1).

La región de Paucartambo se ubica en una parte del Valle del Mantaro, que es representativo de las zonas productoras abiertas hacia la Selva y que en consecuencia son muy húmedas; existen principalmente pequeñas explotaciones de papa. Los agricultores consiguen los tubérculos-semillas de cultivares nativos de valles vecinales, más cerrados, y de cultivares mejorados muchas veces de comerciantes que los traen de la Costa. La región de Pazos se ubica en una parte del Valle del Mantaro con condiciones muy similares a las de Paucartambo. De ambos sitios se colectaron muestras de un cultivar nativo (Tabla 1).

La región de Huasahuasi está situada también en un valle abierto hacia la Selva y con una agricultura bastante comercializada. Esta región tiene fama como zona productora de tubérculo-semilla para la Costa. Los agricultores son semilleristas de medianos a grandes, por lo que la superficie promedio de los campos evaluados fue de aproximadamente 0.5 ha por encima de la superficie promedio de otras zonas. Muchos son los agricultores registrados en el Ministerio de Agricultura como semilleristas. Otros productores venden su "semilla" casi como "certificada", a pesar de que sus campos no hayan estado inscritos en el Ministerio. Los "semilleros" evaluados estaban ubicados entre 2950 y 3550 msnm. Se colectaron 12 muestras provenientes de 2 cultivares mejorados (Tabla 1).

Sierra Sur (Dpto. de Cusco): En las pampas y los valles del departamento de Cusco, pequeños productores producen gran cantidad de cultivares nativos, de los cuales el cv. Ccompis (*S. tuberosum ssp. andigena*) es el más difundido. Los productores que siembran en las pampas bajas cerca a Cusco tienen también cultivares mejorados. El intercambio de tubérculos-semillas es mayormente intrazonal. Se colectaron 24 muestras de diferentes cultivares nativos y mejorados (Tabla 1).

Muestreos

Se tomaron muestras de 45 plantas por campo, escogidas al azar. Una muestra consistió en tres folíolos de una planta, uno de la parte apical, uno de la parte intermedia y uno de la parte basal. Las muestras se mantuvieron refrigeradas en cajas térmicas desde el campo. Para el análisis de tubérculos-semillas se utilizaron brotes de una muestra representativa de 45

tubérculos, los cuales se dejaron brotar (sin ruptura artificial del período de reposo) durante cuatro semanas a 20°C. Cuando fue posible el agricultor fue entrevistado para verificar el historial de campo de donde se obtuvo la muestra.

Tabla 1. Muestras de campos de agricultores analizadas para el censo de la incidencia de virus de papa, efectuado en la Sierra Central y Sur del Perú en las campañas agrícolas 1985/86 y 1986/87.

Región	Zona	<i>Solanum</i> sp. (a)	Cultivar	Altura (msnm)	Muestras analizadas	Análisis por ELISA	Campaña	
Sierra Central	Valle del Mantaro	TXA	Mariva	3200-3400	6(2)	follaje	1985/86	
		TXA	Revolución	3200-3400	6(2)	follaje	1985/86	
			TXA	Huancayo	3200-3400	6(0)	follaje	1985/86
			TXA	Yungay	3200-3400	6(1)	follaje	1985/86
			TXA	Yungay	3500-3900	6(1)	follaje	1985/86
			TXA	Yungay	3700	1(1)	brotos	1986/87
			TXA	Tomasa C. Revolución	3150-3550 2950-3400	6(1) 6(1)	follaje follaje	1987 1987
	Sierra Sur	Cusco	TXA	Andina	3500-3600	4(2)	follaje	1986/87
			TXA	Yungay	2900-3600	6(3)	follaje	1986/87
			TXA	Mariva	2900-3600	7(2)	follaje	1986/87
Sierra Central	Valle del Mantara	CHA	Huayro	3600-4000	3(2)	follaje	1985/86	
		CHA	Hayro	4000	1(1)	brotos	1986/87	
	Pazos Paucartambo	ADG	Tarmaña	3700	1(1)	brotos	1986/87	
		CHA	Murohuayro	3700	1(1)	brotos	1986/87	
		GOX	Amarilla del C.	3500	1(1)	brotos	1986/87	
Sierra Sur	Cusco	ADG	Ccompis	3000-3700	6(4)	follaje	1986/87	
		ADG	Yana Imilla	3500	1(1)	follaje	1986/87	

Los tubérculos se analizaron con el método ELISA para PVX, PVS, APMV, APLV, PVY, PLRV y SB-22.

- a) TXA *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum* x *S. tuberosum* spp. *andigena*
 ADG *Solanum tuberosum* spp. *andigena*
 CHA *Solanum chaucha*
 GOX *Solanum goniocalyx*
- b) En paréntesis se indica el número de muestras seleccionadas al azar para comparar la incidencia de virus en cultivares mejorados y nativos.

Análisis serológicos por ELISA

Muestras de hojas y de brotes se analizaron por el método ELISA descrito por Clark y Adams (6), con pequeñas modificaciones descritas por Gugerli (13,14) que facilitaron su ejecución e incrementan la sensibilidad de la

prueba. Se utilizaron antisueros monoclonales (Bioreba Ag, Suiza; dil. 1:1000) para la detección de PLRV y policlonales para los otros virus (IgG: 1.5 µg/ml, Conjugado: 2585 mU enzima /0.645 µg IgG/ml).

Comparaciones de la incidencia de virus entre cultivares nativos y mejorados

Del total de las 74 muestras analizadas de las diferentes zonas, se escogieron al azar lotes de cultivares mejorados y nativos de tal manera que el número de los cultivares más comunes en cada zona fuera representativo (según superficie sembrada). También que las zonas estuviesen representadas con aproximación a su importancia relativa (Tabla 1).

Como cultivares nativos se consideró un complejo compuesto de *S. chaucha* (cuatro muestras), *S. goniocalyx* (una) y *S. tuberosum ssp. andigena* (seis).

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de la incidencia de virus (porcentaje de plantas o tubérculos infectados) los datos se transformaron mediante arcoseno o raíz cuadrada, buscando homogeneidad de las variancias (11). Los promedios se compararon por medio de las pruebas de F y de la diferencia límite de significación (DLS) (4,11).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La incidencia de virus

Valle del Mantaro. Los primeros resultados de los estudios de la incidencia de virus en el Valle del Mantaro fueron publicados en 1987 en forma resumida (26). Aquí se presentan los resultados de aquel estudio en forma detallada (Tabla 2). En muestras de 33 campos analizadas en la campaña 1985/86, 62% de los tubérculos estuvieron infectados con uno o más virus. Los virus PVX, PVS y APMV, transmitidos por contacto, fueron los más difundidos, mientras que los virus PVY y PLRV, transmitidos por áfidos, estaban presentes en promedio en menos de 1% de los tubérculos. También la incidencia de APLV fue muy baja, excepto en el cultivar nativo Huayro (*S. chaucha*). En este cultivar, ninguno de los otros virus tenía una incidencia mayor a 1%. Del cultivar mejorado Yungay (*S. tuberosum ssp. tuberosum x S. tuberosum ssp. andigena*) se analizaron muestras de campos de dos diferentes niveles ecológicos. No se detectó diferencia en la incidencia de virus entre los dos niveles, excepto para APMV, que fue el de

mayor incidencia a mayor altura (11 y 30% respectivamente).

Tabla 2. Incidencia de virus en muestras tomadas de 33 campos de agricultores en el Valle del Mantara, Perú.

Cultivar	Altura (msnm)	No	PVX	PVS	AMP	APLV	PVY	PLR	
Huancayo	3200-3400	6	1a	14 b	11a	0.4a	0.0	3.0	24a
Mariva	3200-3400	6	69 c	20 b	11 a	0.4a	1.5	0.4	86 c
Revolución	3200-3400	6	38 b	80 c	10a	0.4a	2.2	0.0	88 c
Yungay	3200-3400	6	59 bc	29 b	30 b	0.7a	0.7	0.0	77 bc
Yungay	3500-3900	6	34 b	17 b	11a	3.0a	0.4	0.4	56 b
Huayro	3600-3900	3	1 a	0 a	la	20.0 b	0.0	0.0	21 a
Promedio			37	29	13	3	0.9	0.7	62

Porcentajes determinados en la campaña 1985/86 en base de muestras de la parte foliar de 45 plantas por campo, analizadas por ELISA (Antiseros policlonales PIPA: para PVX, PVS, APMV, APLV, PVY; monoclonales, Bioreba, Suiza: para PLRV).

Promedios de la misma columna, seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes en la prueba de DLS ($p = 0.05$) llevadas a cabo con datos transformados por arco seno. En la Tabla figuran valores no transformados.

Huasahuasi. Sólo 2.4% de los tubérculos evaluados estaban libres de todos los virus estudiados (Tabla 3). El virus más frecuente fue PVX (82.4%), seguido por PVS (52.7%). APMV, APLV, SB-22, PVY y PLRV estaban presentes en menos del 10% de los tubérculos.

Tabla 3. Incidencia de virus en muestras tomadas de 12 campos de agricultores con cultivares mejorados en Huasahuasi, Perú.

Cultivar	No. de	PVX	PVS	APM	APLV	PVY	PLR	SB-22	Uno ó más
Tomasa C.	6	96.7a	23.2 a	153a	10.4a	7.0a	0.7a	9.6a	97.8a
Revolución	6	68.2 b	82.2 b	3.7 b	1.4 b	0.4 b	4.5a	1.9a	97.4a
Promedio		82.4	52.7	95	5.7	3.7	2.6	5.7	97.6

Porcentajes determinados en la campaña 1986 en base de muestras de la parte foliar de 45 plantas por campo analizadas por ELISA (Antiseros policlonales PIPA: para PVX, PVS, APMV, APLV, PVY, SB-22; monoclonales, Bioreba, Suiza: para PLRV).

Promedios en la misma columna, seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes en la prueba de DLS ($p=0.05$) llevados a cabo con datos transformados por arco seno. En la Tabla figuran valores no transformados.

Mientras que la infección total era igual para los dos cultivares considerados, la incidencia de PVX, APMV, APLV y PVY fue menor en el cultivar Tomasa Condemayta; el PVS predominó en el cv. Revolución. La incidencia más alta de PVY (24%) se encontró en una muestra de Tomasa Condemayta y de PLRV (16%) en Revolución.

Las entrevistas indicaron que es muy común que los agricultores intercambien tubérculos-semillas en esta zona. No se encontró correlación entre altura y nivel de infección, porque la semilla frecuentemente se cambia entre los productores de las diferentes alturas. Esta zona que vende muchos tubérculos-semillas a otras regiones, parece tener poca renovación de sus materiales de siembra. Los tubérculos-semillas usados por los agricultores provienen de la misma zona.

Cusco. Un promedio de 61.5% de los tubérculos evaluados estaban infectados por uno o más virus (excluyendo SB-22). Los cultivares más infectados fueron Mariva (*S. tuberosum ssp. tuberosum x S. tuberosum ssp. andigena*) y Ccompis (*S. tuberosum ssp. andigena*) (Tabla 4). El virus más difundido fue PVX (41.8%), seguido por PVS. Los cultivares Mariva y Ccompis se encontraron altamente infectados con PVX y el cultivar Yungay con PVS, mientras que en el cultivar Ccompis se determinó una alta incidencia de los virus transmitidos por áfidos: PVY (18.6%), PLRV

Tabla 4. Incidencia de virus en muestras tomadas en 23 campos de agricultores de Cusco, Perú.

Cultivar	No. de	PVX	PVS	APMV	APL V	PVY	PLRV	SB-22	Uno o más virus
Ccompis	6	43.0 ab	15.6 ab	2.2a	1.9a	18.6a	11.9a	39.0a	80.4a
Andina	4	20.9 bc	45 b	1.1 a	1.1 a	5.0a	2.8 b	1.1 b	33.4 c
Yungay	6	10.4 c	37.4a	63a	3.0a	2.6a	0.0 b	0.9 b	50.8 b
Mariva	7	79.7a	13.2 b	1.6a	0.0a	13a	13 b	-	(85.1)*
Promedio		41.8	18.6	2.9	1.4	6.8	4.0	15.0	(61.5)*

Porcentajes determinados en la campaña 1986/87 en base de muestras de la parte foliar de 45 plantas por campo, analizadas por ELISA (Antisueros policlonales PIPA: para PVX, PVS, APMV, APLV, PVY, SB-2; monoclonales, Bioreba, Suiza para PLRV).

Promedios en la misma columna, seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes en la prueba de DLS (p=0.05) llevados a cabo con datos transformados por arco seno. En la Tabla figuran valores no transformados.

- No determinado

* Sin SB-22

(11.9%) y SB-22 (39.0%). Este último se detectó casi exclusivamente en las muestras del cv. Ccompis. Aún cuando el cultivar Ccompis está muy degenerado, no existen sin embargo referencias sobre la merma en la producción por efecto de los virus y especialmente por PVY y PLRV para este cultivar.

La gran mayoría de los pequeños agricultores en el Perú siembra año tras año sus propios tubérculos-semillas y los renueva sólo después de 5-7 campañas. Consiguen sus tubérculos-semillas de otros agricultores y de zonas que ellos consideran, según su experiencia, como buenas productoras de semilla (22). Referencias indican que los tubérculos-semillas comúnmente utilizados por los agricultores en zonas andinas, están muy infectados por virus (18,19,21,29,30); se considera también que es un insumo indispensable y caro para el productor. Por lo tanto, muchos proyectos de desarrollo rural incluyen en sus programas la distribución de tubérculos-semillas que consideran de calidad mejorada. En Cusco, los datos colectados permitieron clasificar las "semillas" según su origen y comparar aquellas provenientes del sistema informal con las distribuidas por los proyectos especiales.

Se compararon "semillas" provenientes del sistema informal con "semillas" provenientes de proyectos. En el caso de los proyectos de desarrollo rural, el agricultor recibió tubérculos-semillas con la frecuencia de 0, 1 ó 2 años antes. Los datos revelaron que en estas categorías no hubo diferencias significativas en términos de incidencia de virus (Tabla 5). Esto significa que, desde el punto de vista de la infección virótica los tubérculos-semillas distribuidos por los proyectos en estos años no eran mejores que aquellos que los productores consiguen "informalmente" de vecinos o ferias. Vale mencionar, que la semilla básica del PIPA, hasta 1986, aún no había llegado a los agricultores de Cusco.

Comparación de las diferentes zonas

Los pocos estudios publicados sobre la incidencia de virus en campos de agricultores en la zona Andina de Perú y Bolivia (21,29) coinciden con los resultados de la presente investigación, en que tanto los cultivares mejorados como los nativos están muy infectados por virus. Estos estudios muestran que entre 60 y 100% de los tubérculos están infectados con virus; en Huasahuasi la incidencia fue particularmente mayor.

Coincidencias entre zonas. En general PVX fue el más difundido seguido por PVS. La alta incidencia de estos virus puede significar un problema en términos de reducción de rendimiento por la alta probabilidad de

infecciones múltiples (infecciones múltiples causan una merma en la producción en la Sierra) (25). Además por que, en caso de usar en la Costa tubérculos-semillas infectados, la producción se afecta seriamente, incluso con infecciones simples como la de PVX. (2). La incidencia de PLRV en cultivares mejorados es menor que aquella en nativos.

Tabla 5. Incidencia de virus en muestras tomadas en 12 campos de agricultores del Cusco sembrados con tubérculos-semillas de los cultivares Ccompis, Yungay y Mariva, distribuidas por proyectos y a través del sistema informal.

Origen	No.de campos	PVX	PVS	APMV	APLV	PVY	PLRV	Uno ó mas virus
Proyectos (*)	6	40.7a	31.4a	3.7a	0.4a	18.9a	3.4a	68.6a
Sistema Informal (**)	6	58.1a	20.4a	1.5a	2.2a	2.2a	7.0a	73.7a

* Tubérculos-semillas distribuidas por proyectos de desarrollo rural (PRODERM, FAGRO) entre 1984 y 1986.

** Tubérculos-semillas obtenida del vecino, de ferias o de una comunidad campesina.

Porcentajes determinados en la campaña 1986/87 en base de muestras de la parte foliar de 45 plantas por campo, analizadas por ELISA (Antisueros policlonales PIPA: para PVX, PVS, APMV, PVY; monoclonales, Bioreba, Suiza: para PLRV).

Promedios en la misma columna, seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes en la prueba de DLS ($p=0.05$) llevadas a cabo con datos transformados por arco seno. En la Tabla figuran valores no transformados.

Diferencias entre zonas. Estas diferencias se explican en parte por diferencias varietales. En cada zona se siembran cultivares con características de mayor o menor susceptibilidad a la infección con virus. Así la incidencia de PVY, PLRV y SB-22, (transmitidos por áfidos), era la más alta en Cusco, porque el cultivar Ccompis resultó muy infectado con estos virus y porque este cultivar no se siembra en las otras zonas investigadas. En el Valle del Mantaro, la incidencia de APMV es particularmente alta. Esto se explica porque en 1986 el cv. Yungay, resultó con la más alta incidencia de este virus y fue el cultivar predominante en el valle, con el mayor número de muestras incluidas en el estudio en la zona.

Además, existen razones ecológicas para las diferencias interzonales. Tomando en consideración solamente los cultivares mejorados, en Huasahuasi se encontró mucho mayor incidencia de PLRV y PVY que en el Valle del Mantaro y casi igual como en el Cusco. También PVX y PVS resultaron con la mayor incidencia en Huasahuasi (Tablas 2, 3 y 4). Las

altas incidencias de virus en Huasahuasi se podrían explicar por sus condiciones climáticas predominantes. Este es un Valle abierto hacia la selva, con un ambiente más caliente que en los valles interandinos cerrados; aquí los virus se transmiten y multiplican más fácilmente y los áfidos son más abundantes y pueden a su vez transmitir virus más efectivamente. La fama de Huasahuasi como zona productora de tubérculos-semillas, demuestra la importancia de la edad fisiológica como componente importante en la calidad de la semilla. Huasahuasi por su ecología, puede producir tubérculos-semillas para siembra en la Costa entre Marzo y Mayo, lo que no es posible en zonas más frías que tienen una presión de inóculo más baja y que pudieran ser más apropiadas para producir tubérculos-semillas de alta calidad sanitaria. Desde el punto de vista de un programa de producción de semilla de calidad, las zonas ecológicas como las de Huasahuasi, no pueden considerarse como zonas principales para tal fin; sin embargo, juegan un papel importante en el abastecimiento de lugares con campañas agrícolas diferentes. En Huasahuasi podría desarrollarse un programa de multiplicación de tubérculos-semillas de alta calidad, siempre y cuando se abastezca de material inicial sano proveniente de zonas más altas y los multiplique una o dos campañas solamente.

Comparación entre variedades nativas y mejoradas

La infección total (excluyendo SB-22, porque no se analizaron todas las muestras para este virus) fue semejante para cultivares nativos y mejorados (Tabla 6), pero la importancia de cada virus que contribuyó a la infección total fue diferente.

De PVX y PVS hubo mayor incidencia en cultivares mejorados que en nativos. Existe evidencia que esto es debido a la falta de resistencia a estos virus en los cultivares mejorados. Se ha reportado que cultivares nativos poseen diferentes tipos de resistencia contra estos virus y se les ha utilizado en programas de fitomejoramiento (1,3,7,20). La resistencia de estos cultivares se explica por la selección natural de tipos resistentes y tolerantes favorecida por la alta presión de inóculo en campos con plantación densa que facilita la transmisión de estos virus por contacto (17). Es posible que en el proceso de producción de cultivares mejorados, se pudieron perder muchos genes de resistencia debido a que el mejoramiento se orientó mayormente a la productividad del cultivo y menos a la resistencia contra patógenos (17). Además, los cultivares mejorados son generalmente sembrados en campos uniformes, sin mezclas, muchas veces en campos más grandes que campos cultivares nativos y con un manejo agronómico intensivo lo que favorece aún más la transmisión por contacto (17).

Para APMV se observó una tendencia de mayor incidencia en cultivares mejorados que en nativos, aún cuando las diferencias no fueron significativas.

El SB-22 se presentó con incidencia particularmente alta en el cultivar nativo Ccompis en Cusco. Este cultivar parece ser particularmente más susceptible a la infección de este virus.

PLRV y APLV, en oposición a lo encontrado para PVX y PVS, se detectaron mayormente en cultivares nativos y APLV particularmente en el cultivar Huayro (Tablas 2 y 7). PVY fue detectado con baja incidencia tanto en cultivares mejorados como en nativos. Sin embargo, en determinados casos puede presentarse con alta incidencia en cultivares nativos (Tabla 4). Ya en 1954, cuando aún no había cultivares mejorados ni tampoco tubérculos-semillas de alta sanidad, Silverschmidt (29) constató que la "semilla" utilizada en el Perú estaba muy degenerada por un virus que causaba necrosis en las venas del follaje. Este síntoma muy posiblemente fue causado por PVY dado que no existen referencias que reporten este síntoma siendo causados por otro virus.

Tabla 6. Incidencia de virus en muestras tomadas de 27 campos de agricultores sembrados con cultivares nativos y mejorados en la Sierra Central y del Sur del Perú.

Cultivares	PVX	PVS	APMV	APLV	PVY	PLRV	Uno ó más virus
Nativos (*)	19.8a	9.8a	1.8 ^a	12.5a	2.2a	24.1 a	63.0a
Mejorados (**)	48.8 b	33.2 b	5.6 ^a	3.3 b	1.1 a	1.2 b	68.5a

* Centro: Tarmaña (1), Amarilla del Centro (1), Huayro (2), Murohuayro (2)
 Sur: Ccompis (4), Yana Imilla (1)

** Centro: Mariva (2), Revolución (3), Tomasa C. (1), Yungay (3)
 Sur: Mariva (2), Andina (2), Yungay (3)

Porcentajes determinados en las campañas 1985/86 y 1986/87 en base de muestras de la parte foliar de 45 plantas o tubérculos por campo analizados por ELISA. (Antisueros policlonales PIPA: para PVX, PVS, APMV, PVY; monoclonales, Bioreba, Suiza: para PLRV).

Promedios en la misma columna, seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes en la prueba de DLS ($p = 0.05$) llevadas a cabo con datos transformados por arco seno. En la Tabla figuran valores no transformados.

No es muy evidente la explicación para la alta incidencia de PLRV y PVY en cultivares nativos. Estos cultivares se cultivan normalmente en mayores

alturas. La población de vectores de estos virus (áfidos) en estos ambientes es mucho menor que en zonas más bajas (17), donde predominan los cultivares mejorados. Sin embargo puede suceder también que encima de los 3000 msnm los áfidos se presenten en forma abundante (28). Se ha reportado que los cultivares nativos poseen resistencia horizontal contra PLRV (16) de *S. tuberosum ssp. andigena*. Este tipo de resistencia no persiste bajo condiciones de alta presión de inoculo (17). Posiblemente, la actual alta incidencia de los virus transmitidos por áfidos en los cultivares nativos investigados, es el resultado de las infecciones adquiridas por estos cultivares cuando se sembraron comúnmente en alturas por debajo de los 3000 msnm, donde la presión del inoculo, por la mayor población de vectores, fue más alta. Datos de 1977 muestran que la variación de la incidencia de PLRV en un cultivar de *S. tuberosum ssp. andigena* en diferentes alturas en el Perú, se deben a las diferencias en la presión del inoculo (23). Al contrario, la baja incidencia de los virus transmitidos por áfidos en cultivares mejorados podría explicarse porque para la creación de un nuevo cultivar se debe pasar por el estado de semilla botánica que está libre de la mayoría de los virus. Este proceso se produjo hace cientos de años para los cultivares nativos, pero tan sólo aproximadamente 30 años para los mejorados. Se constató que en el proceso de producción de cultivares mejorados pueden perderse genes de resistencia, particularmente aquellos de resistencia horizontal contra PLRV (16, 17). Por ejemplo, el cultivar mejorado Ticahuasi, incluido en el estudio en zonas de diferente altura en el Perú en 1977 (23), es conocido como muy susceptible a la infección de PLRV y resultó altamente infectado con este virus en cada una de las zonas consideradas. Sin embargo, es evidente que el nivel de resistencia contra PLRV y PVY de los cultivares mejorados, considerados en el presente estudio les ha protegido bien de la infección de estos virus. Los resultados presentados demuestran que en las zonas investigadas la incidencia de estos virus no llegó a niveles tan altos como en el cv. Ticahuasi. Para los cultivares mejorados actualmente utilizados, la "degeneración" por PLRV y PVY es lenta en el transcurso de las campañas en los valles interandinos de la Sierra. Otros estudios de "degeneración" llegan a conclusiones similares (10).

Algunos informes reportan que no hay ninguna relación entre ploidía e incidencia de PVX, PVS y PVY (19). Aún cuando los datos presentados en el presente estudio son demasiado limitados para hacer una interpretación definitiva al respecto, se ha notado sin embargo que a menor grado de ploidía, mayor es la incidencia de PLRV y/o opuesto, mayor la incidencia de PVX y PVS (Tabla 7).

Tabla 7. Incidencia de virus en muestras tomadas de 27 campos de agricultores sembrados con cultivares nativos y mejorados en la Sierra Central y del Sur del Perú, agrupadas según su especie.

Solanum sp.	Ploidía	No.de muestras	PVX	PVS	APMV	APLV	PVY	PLRV	Uno ó más virus
GOX	2n	1	2.2	2.6	0.0	0.0	4.9	38.3	44.2
CHA	3n	4	0.0	3.0	1.1	25.0	0.3	39.5	58.8
ADG	4n	6	36.0	15.6	2.6	6.2	3.0	11.5	62.0
TXA	4n	16	42.5	33.5	5.7	3.3	1.1	1.3	71.5

GOX *Solanum goniocalyx* (cv. Amarilla del Centro)

ADG *Solanum tuberosum ssp. andigena* (diferentes cultivares nativos)

CHA *Solanum chaucha* (cv. Huayro).

TXA *Solanum tuberosum ssp. tuberosum x tuberosum ssp. andigena* (diferentes cultivares mejorados).

Porcentajes determinados en las campañas 1985/86 y 1986/87 con base en muestras de la parte foliar de 45 plantas por campo, analizadas por ELISA. (Antisueros policlonales PIPA: para PVX, PVS, APMV, PVY; monoclonales, Bioreba, Suiza: para PLRV).

Es importante relacionar los datos de incidencia de cada virus con su efecto en la producción de la papa, para evaluar su importancia, para la productividad del cultivo en la zona respectiva. Existen pocas investigaciones de la merma en producción por efecto de virus en los países Andinos. Los datos publicados provienen de investigaciones con cultivares mejorados (2,12,25). Así, PLRV y PVY se han reportado como los únicos virus que afectan significativamente el rendimiento bajo las condiciones de la Sierra (12, 25). Cuando PVX y PVS ocurren en infecciones simples, no causan pérdidas considerables en la Sierra, pero sí en climas cálidos como en la Costa (2); además, en la Sierra sí ocurren en combinación con otros virus (25). Infecciones simples de APLV y APMV no son muy dañinas bajo condiciones de Sierra y se comportan en términos de-reducción del rendimiento en forma similar como PVX y PVS. No se conoce la posible merma en producción que pudiera ser la causada por SB-22.

La alta "degeneración" de los cultivares nativos con PLRV y PVY considerados como los más dañinos y la amplia distribución de aquellos cultivares justamente en zonas donde predominan los agricultores más necesitados, justificaría la limpieza de estos cultivares. En el caso de que la limpieza resulte ventajosa, sería también necesario estudiar las posibilidades de distribución de tubérculos-semillas de alta calidad de tales cultivares en estas zonas (22).

La alta incidencia de virus en general en los campos de los agricultores, justifica la necesidad de un cuidadoso manejo agronómico y un seguimiento detallado durante la producción de tubérculos-semillas de alta calidad. Se requiere implementar también estrategias eficientes para la utilización y distribución de esta semilla (27), de lo contrario se puede perder la calidad sanitaria en el transcurso de muy pocas generaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. G. Prain del CIP, por el muestreo de campos de papa en la zona de Cusco, la entrevista de los agricultores respectivos, y sus comentarios durante la elaboración del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bagnall, R.H. 1972. Resistance to potato viruses M, S, X and the spindle tuber virus in tuber-bearing *Solanum* species. *Am. Potato J.* 49: 342-348.
2. Bertschinger, L.; Scheidegger, U.C.; Muñoz, J.; Hidalgo, A. 1991. El efecto de diferentes virus sobre el rendimiento potencial de la papa y su interacción con el estado de brotación de los tubérculos-semillas en la Costa Central del Perú. *Rev. Lat. de la Papa.* Vol.4(1): En prensa.
3. Brown, C.R. 1980. Incorporation of virus resistance and future plans. In: Report of the Planning Conference on the Strategy for Virus Management in Potatoes II. CIP, April 21-25, 1980. CIP. Lima, Perú. pp. 63-78.
4. Calzada Benza, J. 1970. *Métodos Estadísticos para la Investigación.* Ed. Jurídica SA. Lima, Perú, p.141.
5. Centro Internacional de la Papa. 1987. Informe Anual del CIP, 1986-1987. Lima, Perú. p. 92 y 100.
6. Clark, M.F.; Adams, A.N. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology* 34:475-483.
7. Cockerham, G. 1970. General studies on resistance to potato viruses X and Y. *Heredity* 25: 309-348.
8. Ezeta, F.N.; Scheidegger, U.C. 1985. Semilla básica: Un nuevo programa de producción y distribución para el Perú. CIP Circular 13 (2): 1-5.
9. FAO. 1987. *World crop and livestock statistics 1948-1985.* Rome, Italy. p. 159.
10. Gandarillas, A.; Fribourg, C.E. 1987. Diseminación de algunos virus de papa en dos regiones geográficas del Perú. *Fitopatología* 22(3):42.

11. Gómez, K. A.; Gómez, A.A. 1976. Statistical procedures for agricultural research with emphasis on rice. The International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.
12. Guerrero Guerrero, O.; Martínez López, G. 1980. Evaluación de pérdidas ocasionadas en la variedad de papa Ica Puracé por los virus "Potato Virus S", "Potato Virus Y" y "Potato Leafroll Virus". Fitopatología Colombiana 9:33-40.
13. Gugerli, P. 1984. Une methode simple pour le broyage de tissu végétal. Revue suisse Vitic. Arboric. et Hortic. 24 (2): 87-88.
14. Gugerli, P. 1986. Potato Viruses. In: Bergmeyer ed. Methods of Enzymatic Analysis. Volume XI. Antigens and Antibodies 2. 43-446. VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-6940 Weinheim (Federal Republic of Germany). pp.430-446.
15. INIPA-CIP-COTESU. 1987. Informe Anual 1986/87. Proyecto "Manejo y Producción de Semilla para Incrementar la Productividad de la Papa en el Perú". Convenio CIP-INIPA-COTESU. p.16-A.
16. Jones, R.A.C. 1978. Progress in leafroll resistance work at the International Potato Center. In: Planning Conference on Developments in the Control of Potato Viruses. International Potato Center. Lima. pp. 15-26.
17. Jones, R.A.C. 1981. The ecology of viruses infecting wild and cultivated potatoes in the Andean Region of South America. In: J.M. Thresh (ed.). Pest, pathogens and vegetation. The role of weed and wild plants in the ecology of crop pests and diseases. Pitman Advanced Publishing Program. Boston. pp. 89-107.
18. Kahn, R.P.; Monroe, R.L. 1970. Virus infection in plant productions collected as vegetative propagations: 1. Wild vs. cultivated *Solanum* species: FAO Plant Protection Bulletin 18: 97-101.
19. McKee, R.K. 1964. Virus infections in South American potatoes. European Potato Journal. 7: 145-151.
20. Mendoza, H.A. 1980. Sources of virus resistance in the genus *Solanum*. Report of the Planning Conference on the Strategy for Virus Management in Potatoes II. CIP, April 21-25, 1980. CIP. Lima, Perú. pp. 79-83.
21. Monasterios de la Torre, T. 1966. Presence of viruses in Bolivian potatoes. Turrialba 16: 257-260.
22. Prain, G.; Scheidegger, U. 1988. User-friendly seed programs. Report of the Third Social Science Planning Conference. CIP. Lima p.195.
23. Rodríguez, A.; Jones, R.A.C. 1978. Enanismo Amarillo Disease of *Solanum andigena* potatoes is caused by Potato Leaf Roll Virus. Phytopathology 68: 39-43.
24. Santos Rojas, J. 1985. Efecto del Virus del Enrollamiento de la Hoja de la Papa (PLRV) sobre el rendimiento total de cuatro variedades de papa en el Sur de Chile, Simiente 55:38.

25. Scheidegger, U.C.; Bertschinger, L.; Luther, K; Pinillos, O.; Muñoz, J.; Hidalgo, A. 1991. El efecto de diferentes virus sobre el rendimiento potencial de la papa en la Sierra Central del Perú. *Rev. Lat. de la Papa*. Vol.4(1): En prensa.
26. Scheidegger, U.; Luther, K. 1987. Importance of potato viruses in the Peruvian Highlands. Abstract of papers presented at the 71st. Annual Meeting, The Potato Association of America, St. Paul, Minn. Aug. 2-6, 1987. In: *Am. Potato J.* 64:456.
27. Scheidegger, U.; Prain, G; Ezeta, F.; Vitorelli, C. 1989. Linking formal R & D to indigenous systems: A user-oriented potato seed programme for Perú. Agricultural Administration (Research and Extension) Network, Network Paper 10, December 1989.
28. Sebastián, I. J. 1987. Fluctuación poblacional de áfidos (Homoptera - Aphididas) en quince localidades a diferentes niveles de altitud en el Valle del Mantara en el cultivo de la papa. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
29. Silberschmidt, K. 1954. Informe sobre las observaciones hechas en los campos de la papa en la sierra del Perú. Informe No 93. EE Agrícola de "La Molina". Lima Perú.
30. Siberschmidt, K. 1961. The spontaneous occurrence of strains of potato virus X and Y in South America. *Phytopathologische Zeitschrift* 42: 175-192.