

# Situación de las virosis del cultivo de papa en el Sudeste Bonaerense

Publicado online 06 de abril de 2022

Salvalaggio, A.E.<sup>1</sup>; Bruno, C.<sup>2,3</sup>; Huarte, M.A.<sup>1</sup>; López Lambertini, P.M.<sup>3</sup>

## RESUMEN

En el sudeste de la provincia de Buenos Aires se encuentra la principal región productora de papa de la Argentina. La papa que se produce tiene tres destinos: el mercado fresco, la industria y la producción de semilla, la cual se realiza en un área diferenciada. El cultivo de papa se establece a través de la propagación vegetativa y, como consecuencia, los tubérculos infectados se convierten en una vía de transmisión de virus. El objetivo fue determinar la incidencia de Potato virus Y (PVY), Potato leaf roll virus (PLRV), Potato virus X (PVX) y Tomato spotted wilt virus (TSWV) y la ocurrencia de infecciones mixtas entre estos virus en áreas de producción de papa para consumo e industria y papa-semilla del sudeste de Buenos Aires durante las campañas 2013-2014 a la 2018-2019. Otro objetivo fue analizar el progreso de los niveles de infección para estos virus y la tendencia de las categorías de certificación de papa-semilla fiscalizadas por el Instituto Nacional de semillas (INASE) en el área diferenciada en los últimos 35 años. En este estudio se trabajó con datos procedentes de tubérculos de papa de 107 lotes de consumo e industria recolectados según protocolo y 41 lotes de papa-semilla muestreados al azar por técnicos oficiales del INASE para su fiscalización. Los tubérculos fueron brotados y analizados mediante DAS-ELISA para detección de PVY, PLRV, PVX y TSWV. Se estimó la incidencia de cada virus, incidencia relativa entre estos y frecuencias de infecciones simples y mixtas para ambas categorías y para cada campaña. Se analizaron los niveles de infección de PVY, PLRV, PVX y TSWV del área diferenciada de producción de papa-semilla y su relación con las categorías de certificación. PVY resultó el virus con mayor incidencia mientras que PLRV y TSWV fueron los de menor incidencia tanto para la producción de papa destinada a consumo e industria como para papa-semilla. Se observó fluctuación interanual de los valores de incidencia para PVY, PLRV y TSWV en ambas categorías. Se reportó por primera vez infecciones mixtas entre PVY, PLRV y TSWV. Las infecciones mixtas más frecuentes fueron entre TSWV con PVY o PLRV. Se observó una disminución de los niveles de infección para PVY, PLRV, PVX y TSWV y una mejora en la tendencia de las categorías de certificación de papa-semilla para todos los virus en los últimos 35 años. Actualmente, las categorías de papa-semilla son Inicial III para PVY e Inicial I para PLRV, PVX y TSWV. Desde 2010 no se detecta PVX en papa-semilla. Cabe señalar que la acción integrada de entidades públicas, privadas y productores que adoptaron el protocolo de la Mesa Provincial de papa logró que esta área diferenciada del sudeste de Buenos Aires se destaque por su excelencia sanitaria. No obstante, para la región de producción de papa para consumo e industria se deberían fortalecer las medidas de control de PVY y TSWV.

**Palabras clave:** *Solanum tuberosum* L., DAS-ELISA, PVY, TSWV, PLRV, PVX, incidencia de virus, infecciones mixtas, certificación de papa semilla.

## ABSTRACT

*The main potato producing area of Argentina is located in the southeast of Buenos Aires province. Potato is cropped for three purposes: fresh market, and industry and seed production; the latter is performed in a differentiated area.*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Innovación para la Producción Agropecuaria y el Desarrollo Sostenible (IPADS Balcarce). Ecofisiología de Cultivos y Productos Agrícolas Balcarce, Ruta 226 km 73,5 CC 276, (7620), Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: salvalaggio.andrea@inta.gob.ar

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cátedra de Estadística y Biometría. Ing. Agr. Félix Aldo Marrone 746. Ciudad Universitaria. CP 5000. Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Instituto de Patología Vegetal (IPAVE). Unidad de Fitopatología y Modelización Agrícola (UFYMA). INTA-CONICET, Av. 11 de Septiembre 4755 (X5014MGO), Córdoba, Argentina.

Potato crop is established through vegetative propagation; consequently, infected tubers become a route of virus transmission. The objective of this work was to determine the incidence of Potato virus Y (PVY), Potato leaf roll virus (PLRV), Potato virus X (PVX) and Tomato spotted wilt virus (TSWV), and the occurrence of mixed infections among these viruses in areas of potato production for fresh market, industry, and potato-seed of the southeast of Buenos Aires between the 2013-2014 and the 2018-2019 crop seasons. Another objective was to analyze the progress of the infection levels of these viruses and the trend of the potato-seed categories regulated by the "Instituto Nacional de Semillas" (INASE), produced in the differentiated area in the last 35 years. Data were collected from potato tubers corresponding to 107 plots destined for fresh market and industry, following sampling protocols, and from 41 potato-seed plots, which were randomly sampled by official INASE technicians for their control. These tubers were then sprouted and analyzed by DAS-ELISA for the detection of PVY, PLRV, PVX and TSWV. The incidence of each virus, relative incidence between them and frequencies of single and mixed infections were estimated for both categories and each season. Infection level of PVY, PLRV, PVX and TSWV of the differentiated potato-seed production area was analyzed. PVY was the virus with the highest incidence, whereas PLRV and TSWV had the lowest incidence in the production for fresh market, industry and potato-seed categories. Incidence values of PVY, PLRV and TSWV fluctuated among years in both categories. PVY, PLRV and TSWV mixed infection percentages were low, with double infections being more frequent than triple ones for both categories. TSWV co-infecting with PVY or PLRV were the most frequent mixed infections. This is the first report of mixed infections between PVY, PLRV and TSWV in potato in Argentina. The infection level for PVY, PLRV, PVX and TSWV decreased in the potato-seed differentiated area throughout the seasons. At the same time, there was an improvement in the trend of potato-seed certification categories regulated by INASE for all viruses in the last 35 years. Currently, the potato-seed category is at Initial III infection level for PVY and Initial I for PLRV, PVX and TSWV. PVX has not been detected since 2010 in potato seeds. It should be noted that the integrated action of public and private organizations and producers that adopted the protocol of the Provincial Potato Board made this differentiated area of the southeast of Buenos Aires stand out for its sanitary excellence. In the region where potato is produced for the fresh market and industry, PVY and TSWV control measures should be strengthened.

**Keywords:** *Solanum tuberosum*, DAS-ELISA, PVY, TSWV, PLRV, PVX, virus, incidence, mixed infections, potato seed certification.

## INTRODUCCIÓN

La papa es el tercer cultivo de mayor importancia en términos de consumo humano después del trigo y el arroz y su tubérculo, una excelente fuente de carbohidratos, proteínas y vitaminas (Devaux *et al.*, 2014). Constituye un alimento tradicional de la dieta de los argentinos y se consumen cerca de 60 kg/cápita/año (Huarte y Capezio, 2013). Su cultivo se realiza en todo el territorio nacional, en alrededor de 72.500 ha con una producción anual de 2,34 millones de toneladas (FAOSTAT, 2018).

En la región sudeste la provincia de Buenos Aires, constituida por los partidos de General Alvarado, General Pueyrredón, Balcarce, Tandil, Necochea y Lobería, se encuentra la principal zona productora de papa de la Argentina (Huarte y Capezio, 2013). En esta región productora se registran los mayores rendimientos del país; en el año 2019 se sembraron 32.898 ha y se produjeron 1,38 millones de toneladas de papa, lo que representó el 57% de la producción nacional (Constantino, 2020). La papa que se produce en el Sudeste Bonaerense tiene tres destinos: el mercado fresco, industria y papa-semilla. En el Sudeste Bonaerense se encuentra el área de producción de semilla fiscalizada más importante para el país, la cual ocupa una superficie cercana a 2.500 ha y comprende los partidos de Tres Arroyos, San Cayetano y la totalidad de González Chaves (Constantino, 2016).

Más de 50 virus y un viroide infectan el cultivo de papa (Kreuz *et al.*, 2020). El virus Y de la papa (Potato virus Y, PVY, género *Potyvirus*) y el virus del enrollamiento de la hoja (Potato leafroll

virus, PLRV, género *Polevirus*) son los más importantes a nivel mundial (Kreuz *et al.*, 2020). PVY y PLRV se transmiten por áfidos; el más eficiente es *Myzus persicae* (Kerlan, 2006). Aunque poseen distinto tipo de transmisión: PLRV se transmite de manera persistente mientras que PVY de manera no persistente (Pinheiro *et al.*, 2019). La adquisición y la inoculación cuando la transmisión es del tipo persistente son desde minutos hasta horas (Radcliffe y Ragsdale, 2002). En cambio, la transmisión no persistente requiere tiempos de adquisición e inoculación muy cortos, de menos de un minuto (Bradley, 1954). Hay reportes de infección mixta de PVY y PLRV en papa a nivel mundial (Chatzivassiliou y Gazi, 2008). Otro virus frecuente es el virus X de la papa (Potato virus X, PVX, género *Potexvirus*). Los síntomas de PVX son variables y dependen del cultivar, de la cepa del virus, de las condiciones ambientales y de la sinergia en infecciones mixtas (Loebenstein, 2001). La mayoría de sus aislamientos causan mosaicos de hojas leves o infecciones sin síntomas. Las reducciones de rendimiento en tales plantas sin síntomas son generalmente inferiores al 10%, a pesar de que pueden contener alta concentración viral. En infecciones mixtas con PVY los rendimientos se reducen hasta en un 50% (Khurana y Singh, 1988; Vance, 1991). En Argentina, PVX se distribuye principalmente en las provincias de Catamarca, Tucumán (Martínez *et al.*, 2014), Córdoba (Viotti *et al.*, 2008) y Jujuy (Clausen *et al.*, 2005). Se han detectado infecciones mixtas de PVX y el virus S de la papa (Potato virus S PVS, género *Carlavirus*) en papas andinas de la Quebrada de Humahuaca (Montial y Bejarano, 2011). El virus del marchitamiento del tomate (Toma-

to spotted wilt virus (TSWV), género *Orthotospovirus*) ha emergido en los cultivos de papa del Sudeste Bonaerense (Escarrá et al., 2004; Carrizo et al., 2010). TSWV se transmite mediante trips de manera circulativa-propagativa y su control continúa siendo un desafío debido al comportamiento tigmotáctico de los trips, los cuales quedan refugiados del alcance de los insecticidas de contacto (Reitz 2009; Cloyd 2009).

Tanto PVY, PLRV como TSWV afectan la calidad de la papa al inducir necrosis internas y superficiales en el tubérculo. Algunas cepas de PVY causan anillos necróticos en el tubérculo de papa, enfermedad conocida como PTNRD (*potato tuber ringspot disease*) la cual ha producido graves pérdidas económicas en papa para industria en Europa (Le Romancer et al., 1994; Serra y Weidemann, 1997, Tomassoli, 1998; Boonham, 2002), América (Crosslin et al., 2002 y 2005, Quintero-Ferrer y Karasev, 2013; Colavita et al., 2017) y Asia (Ogawa et al., 2008). PLRV causa una necrosis del sistema vascular del tubérculo conocido como "necrosis en red" (Douglas y Pavek, 1972). TSWV ocasiona necrosis en forma de anillos o punto necróticos en el tubérculo (Wilson, 2001). Las infecciones mixtas de PVY y PLRV ocasionan síntomas más severos dependiendo del cultivar, y provocan una reducción significativa del tamaño y número de tubérculos comercializables por planta (Srinivasan y Alvarez, 2007; Byarugaba et al., 2020).

Las pérdidas económicas causadas por virus oscilan entre 10 y 90%, según el virus (Navarrete et al., 2017). Los cultivos de papa se establecen a través de la propagación vegetativa, práctica que aumenta el riesgo de acumulación de virus en los cultivos siguientes. La mejor medida sanitaria es iniciar cultivos con lotes de semilla libre de virus o cuyo nivel de infección sea lo más bajo posible. Para ello en Argentina existe un sistema de fiscalización de papa-semilla que establece nivel de tolerancias para PVY, PLRV y PVX (Instituto Nacional de Semilla (INASE), Resolución 217/2002).

Aunque TSWV no está incluido en la normativa de fiscalización de la papa semilla del INASE, este virus fue incluido en los testeos obligatorios en la zona diferenciada del Sudeste Bonaerense (Protocolo de producción de papa semilla en la zona diferenciada de Buenos Aires, Mesa Provincial de papa), debido a que esta enfermedad representa un problema desde 2006 (Carrizo et al., 2010; Jacobsen et al., 2011; Jacobsen et al., 2013; Salvalaggio et al., 2017; López Lambertini, 2018).

El objetivo de este trabajo fue determinar la incidencia de PVY, PLRV, PVX y TSWV y la ocurrencia de infecciones mixtas entre estos virus en áreas de producción de papa para consumo e industria y papa-semilla del sudeste de Buenos Aires durante las campañas 2013-2014 a la 2018-2019. Además, analizar el progreso de los niveles de infección para estos virus y la tendencia de las categorías de certificación de papa-semilla establecidas por el INASE producidas en el área diferenciada del Sudeste Bonaerense en los últimos 35 años. El conocimiento de la situación epidemiológica de PVY, PLRV, PVX y TSWV, en la mayor zona productora de papa de la Argentina, aportará información para el diseño de estrategias de manejo de las enfermedades que ocasionan estos virus.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestras de los tubérculos de papa

Los tubérculos de papa correspondientes a 107 lotes con destino para producción e industria (designados categoría producción) fueron recolectados por 47 productores del su-

deste de Buenos Aires a lo largo de las campañas 2013-2014, 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019. Las muestras de los tubérculos fueron recibidas en el Laboratorio de Análisis de Papa Semilla de la EEA INTA Balcarce para su evaluación de sanidad. Cada productor entregó al Laboratorio entre 85 y 90 tubérculos en poscosecha seleccionados según el siguiente protocolo: recorrer el lote formando una W, asignar 10 puntos de muestreos en el total del recorrido y en cada uno de esos puntos recolectar al menos 10 tubérculos. Los tubérculos de papa correspondientes a 41 lotes de seis productores con destino para producción de papa-semilla (designada categoría papa-semilla) fueron colectados por técnicos oficiales del INASE para su fiscalización. De cada lote del área diferenciada de producción de semilla del sudeste de Buenos Aires, se seleccionaron al azar, entre 85 y 90 tubérculos en poscosecha correspondientes a las campañas 2013-2014, 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019. Luego, estos tubérculos fueron brotados y analizados serológicamente para la detección de PVY, PLRV, PVX y TSWV.

### Acondicionamiento y tratamiento de los tubérculos

Los tubérculos recibidos fueron acondicionados, es decir, lavados con agua, cepillados y secados. Luego, se los trató con Rindite (2-cloroetanol, 1,2-dicloroetanol y tetracloruro de carbono en una relación de 7:3:1) para estimular el proceso de dormición y fueron mantenidos en cámara a 22 °C con humedad relativa superior al 70%, con el fin de promover su brotación. Al cabo de 21 días, el brote apical fue extraído con un sacabocado (cuchara de melón) y plantado en macetas con suelo estéril, en un invernadero libre de insectos. Cuando las plántulas alcanzaron el estado de tres a cinco hojas, se tomó la que poseía el primer folíolo completamente expandido y se procedió al análisis serológico para detectar la presencia de PVY, PLRV, PVX y TSWV.

### Detección mediante DAS-ELISA de los virus que infectan papa

Las muestras del primer folíolo se analizaron para detectar la infección con PVY, PLRV, PVX y TSWV mediante DAS-ELISA, utilizando antisueros comerciales (Bioreba). Se siguió el protocolo de DAS-ELISA descrito por el proveedor de los antisueros (Bioreba), con las modificaciones que se describen a continuación. Las reacciones se realizaron empleando un volumen final de 100 µl. La dilución de IgG anti-PVY y anti-TSWV fue de 1:2000 (v/v), establecida de acuerdo a una calibración previa. La dilución de IgG para PLRV y PVX fue la recomendada por el proveedor, es decir, 1:1000 (v/v). El tejido vegetal se maceró en tampón de extracción en una dilución 1:10 a 1:20 (p/v). En cada placa se completaron dos celdas con controles positivos, tres celdas con controles negativos (plantas sanas) y una celda con el blanco de reacción. Las placas se incubaron a 4-6 °C durante toda la noche (16 horas). Luego, se adicionó la IgG conjugada con la enzima fosfatasa alcalina en las mismas diluciones que las mencionadas anteriormente para las IgG y las placas se incubaron a 35 °C durante 3 horas. Posteriormente se añadieron 100 µl del sustrato (p-nitrofenilfosfato), utilizando una dilución de 1:1000 (concentración de 1 mg/mL). Las placas se incubaron a temperatura ambiente (18-25 °C) en oscuridad y luego de 30 minutos para TSWV, 60 minutos para PVY y PVX y 120 minutos para PLRV, se leyeron las absorbancias a 405 nm de longitud de onda (A405) mediante un lector de microplacas (Tecan, Sunrise). Se consideraron positivas las muestras cuyos valores de A405 resultaron mayores a tres

veces la media de absorbancia de los controles sanos más tres desviaciones estándares, de acuerdo a lo que establece la normativa de INASE, Resolución 428/2015. El diagnóstico de virus de cada planta fue registrado identificando el lote de procedencia y el destino de producción (producción: consumo e industria o papa-semilla).

### Análisis de los datos

Para cada planta brotada se determinó el estado sanitario como sano o infectado, clasificando estas últimas como infecciones simples o mixtas, según se hubiera diagnosticado con un solo virus o más de uno. La incidencia para cada virus en ambas categorías (producción y papa-semilla) se calculó como el número de plantas infectadas (diagnóstico positivo por DAS-ELISA) sobre el total de plantas brotadas para cada campaña agrícola (2013-2014 a la 2018-2019). Para las muestras de la categoría producción no se realizó el diagnóstico de PVX. Se realizó una prueba chi-cuadrado para determinar diferencias estadísticamente significativas de la incidencia determinada entre las categorías, dentro de una misma campaña agrícola, para cada virus, con empleo del paquete estadístico InfoStat (Di Renzo *et al.*, 2019). La variabilidad interanual se evaluó mediante la prueba de Cochran-Mantel-Haenszel. Para describir la contribución relativa de cada virus sobre el total de plantas infectadas (diagnóstico positivo por DAS-ELISA) se estimó la incidencia relativa de PVY, PLRV y TSWV. Además, se identificó la incidencia relativa de PVY, PLRV, TSWV según se encontrara conformando infecciones simples o mixtas con dos o más virus para cada categoría.

Para cumplir con el tercer objetivo se recopiló y analizó la información del nivel de infección de PVY, PLRV y PVX, es decir, el porcentaje de tubérculos infectados con cada virus. La recopilación se realizó a partir de publicaciones del INASE, de los registros del SENASE (Servicio Nacional de Semillas) y de la oficina del INASE Balcarce correspondientes al área diferenciada de producción de papa-semilla del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Por una parte, los niveles de infección de PVY,

PLRV y PVX determinados en el Laboratorio de análisis de Papa-Semilla de la EEA Balcarce fueron considerados como parte de los datos informados por INASE. Por otra parte, los resultados de los niveles de infección de TSWV se obtuvieron de los registros del Laboratorio de análisis de Papa-Semilla de INTA EEA Balcarce.

### RESULTADOS

A partir de los 107 lotes de consumo-industria y de los 41 lotes de papa-semilla se obtuvieron 7616 y 3957 plantas a partir de los tubérculos brotados de cada muestra correspondientes a las distintas categorías según destino, respectivamente. En la categoría producción el virus con mayor incidencia fue PVY para las campañas evaluadas del 2013-2014 al 2018-2019. PLRV presentó una incidencia más baja respecto a la de PVY. En máximo valor de incidencia de PLRV fue del 0,2% y se detectó en la campaña 2013-2014. No se detectaron infecciones con PLRV en la campaña 2017-2018 y 2018-2019 (tabla 1). TSWV estuvo presente en todas las campañas analizadas, con una incidencia máxima del 0,9% en la campaña 2013-2014 (tabla 1).

Con respecto a la categoría papa-semilla, los valores de incidencia más altos registrados para PVY fueron en 2013-2014, mientras que para PLRV y TSWV eso ocurrió en la campaña 2016-2017 (tabla 1). Aunque se analizaron las plantas de esta categoría para PVX, este patógeno nunca fue detectado (tabla 1).

Se observó una variabilidad del porcentaje de incidencia de PVY, PLRV y TSWV en las distintas campañas evaluadas para ambas categorías (tabla 1). Para todas las campañas, excepto para 2013-2014, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la incidencia de cada virus entre las categorías producción y papa-semilla (valor  $p < 0,005$ ) (tabla 1).

En la figura 1 se observa la incidencia relativa entre PVY, PLRV y TSWV por campaña y categoría. En general, PVY presentó las mayores incidencias relativas en relación con el PLRV y TSWV en los distintos años y categorías. Sin embargo, en la campaña

Categoría según destino	Campaña agrícola	PVY	PLRV	PVX	TSWV
		[%]	[%]	[%]	[%]
<b>Producción</b> (n=7616)	2013-2014	10,5584 a	0,2030 a	ND	0,9137 a
	2015-2016	12,5770	0,1319	ND	0,2199
	2016-2017	4,7377 a	0,0564 a	ND	0,3384 a
	2017-2018	6,5250 a	0	ND	0,4552 a
	2018-2019	17,6277 a	0	ND	0,1647 a
<b>Papa-semilla</b> (n=3957)	2013-2014	5,7471 a	0,0000 a	0	1,1494 a
	2015-2016	ND	ND	ND	ND
	2016-2017	0,3333 b	0,8889 b	0	2,3333 b
	2017-2018	0,0000 b	0	0	0,0000 b
	2018-2019	0,0585 b	0	0	0,0000 a

Tabla 1. Incidencia de PVY, PLRV, PVX y TSWV en muestras de papa para las categorías producción y papa-semilla del sudeste de Buenos Aires para las campañas 2013-2014 al 2018-2019.

ND: Sin dato porque no se analizó el virus o por ausencia de muestras. Letras distintas entre categorías para una misma campaña, por virus, indican diferencias estadísticamente significativas (valor  $p < 0,005$ ).

2016-2017 para papa-semilla, TSWV y PLRV presentaron mayores valores en relación con el PVY.

Se encontraron infecciones mixtas dobles en todas las combinaciones PVY-PLRV, PVY-TSWV y PLRV-TSWV para la categoría producción (tabla 2). Con respecto a la categoría papa-semilla, se encontraron infecciones mixtas dobles (PVY-TSWV y PLRV-TSWV) e infecciones triples entre PVY, PLRV y TSWV (tabla 3). Las infecciones simples fueron más frecuentes que las infecciones mixtas para ambas categorías (tabla 2 y 3).

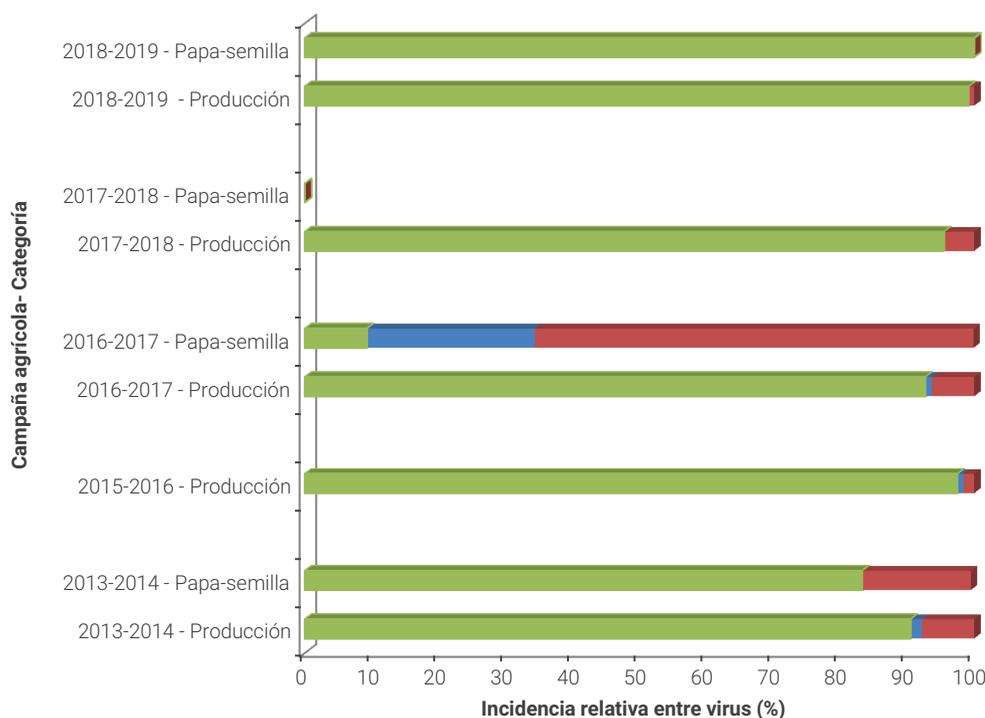
En las figuras 2, 3 y 4 se observan los niveles de infección de PVY, PLRV y PVX informados por el INASE junto con los resultados de diagnóstico realizados en el Laboratorio de análisis de papa-semilla de la EEA Balcarce, correspondientes al área diferenciada de producción del Sudeste Bonaerense. En general, en esta región se observó una disminución del nivel de infección de PVY desde la primera campaña hasta la actual. A partir de la campaña 1985-1986 hasta 2003-2004, los niveles de infección de PVY fueron superiores al 6%, lo que correspondió a categoría de Certificada con su subcategoría Certificada. Desde 2004-2005 los niveles de infección de PVY resultaron superiores al 2%, clasificando como papa-semilla Certificada subcategoría Registrada. Sin embargo, diez años después, es decir, a partir del 2015-2016, los niveles de infección fueron menores al 2%, y la papa-semilla se clasificó en la categoría Básica, subcategorías de Pre-fundación hasta Inicial III.

En cuanto a la situación de PLRV, también se observa una marcada disminución en los niveles de infección desde la primera campaña que se reporta en este trabajo hasta la campaña actual. Desde 1985-1986 hasta 1989-1990, los niveles de infección de este virus resultaron superiores al 1%, pero menores al 6%,

valores que tienen correspondencia con la categoría Básica, subcategoría Fundación y Prefundación. Luego de la campaña 1990-1991 hasta la de 1994-1995, los niveles de infección fueron mayores al 0,2%, categorizando como semilla en Básica, subcategorías Inicial III e Inicial II. A partir de la campaña 2001-2002 hasta la actual, en general, los niveles de infección fueron menores al 0,2%, y la papa-semilla se clasificó entonces en la categoría Básica Inicial I. Cabe destacar que en 2016-2017, el pico superior al 0,6% en el nivel de infección para PLRV, obtenido a partir de los análisis del Laboratorio de la EEA Balcarce, se debió a que se incluyó una muestra de un lote que, si bien quedó fuera del proceso de fiscalización debido a que superaba los niveles de tolerancia de virus establecidos por el INASE, se consideró en el presente estudio para el análisis de las infecciones mixtas (figura 3).

En general para PVX se observa una marcada disminución de los niveles de infección hasta no ser detectado en varias campañas (figura 4). Los registros de 1985-1986 hasta los de 1990-1991 muestran niveles superiores al 15%, por lo que no categorizaron según lo establecido por el INASE. A partir de 1991-1992, los lotes alcanzaron la categoría de certificadas con un nivel de infección del 8,7%. Luego, el nivel de infección decrece y se llega a la categoría Básica II. A partir de la campaña 2001-2002 hasta la actualidad no se registraron niveles de infección del PVX salvo en 2009-2010, con un valor de 0,07%.

Los niveles de infección de TSWV fueron superiores al 1% en la campaña 2013-2014, y dieron lugar a la categoría Pre-fundación. En 2016-2017, el valor de infección del 2,3%, correspondió a una categoría de Certificada y subcategoría Registrada. En las campañas 2017-2018 y 2018-2019 no se detectó este virus, por lo que se alcanzó la categoría inicial I (figura 5).



**Figura 1.** Incidencia relativa entre PVY (verde), PLRV (azul) y TSWV (rojo) por campañas y categorías producción y papa-semilla del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Para cada campaña y categoría solo de consideraron las plantas positivas por DAS-ELISA. No hay resultados de incidencia relativa para papa-semilla para la campaña 2015-2016.

Campaña agrícola*	Infección simple			Infección doble		
	PVY	PLRV	TSWV	PVY-PLRV	PVY-TSWV	PLRV-TSWV
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2013-2014	89,6	0,0	6,7	1,7	0,0	1,7
2015-2016	97,3	1,0	1,7	0,0	0,0	0,0
2016-2017	92,3	1,1	6,6	0,0	0,0	0,0
2017-2018	88,4	0,0	1,4	0,0	10,1	0,0
2018-2019	99,1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0

Tabla 2. Incidencia relativa de PVY, PLRV y TSWV de las plantas positivas por DAS-ELISA según se encuentren en infecciones simples o mixtas para cada campaña agrícola en la categoría consumo-industria en el Sudeste Bonaerense.

Campaña agrícola	Infección simple*				Infección doble*		Infección triple
	PVY	PLRV	PVX	TSWV	PVY-TSWV	PLRV-TSWV	PVY-PLRV-TSWV
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2013-2014	83,3	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0
2016-2017	3,1	12,5	0,0	50,0	6,2	18,7	9,4
2017-2018	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2018-2019	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 3. Incidencia relativa de PVY, PLRV y TSWV de las plantas positivas por DAS-ELISA según se encuentren en infecciones simples y mixtas en cada campaña agrícola en la categoría papa-semillas en el Sudeste Bonaerense.

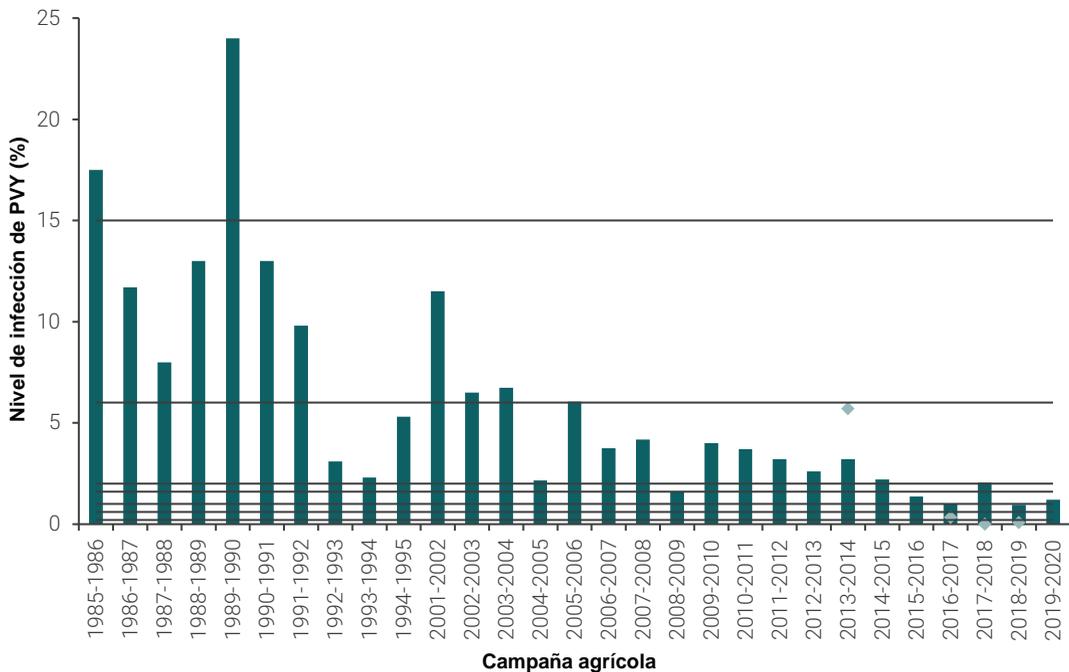
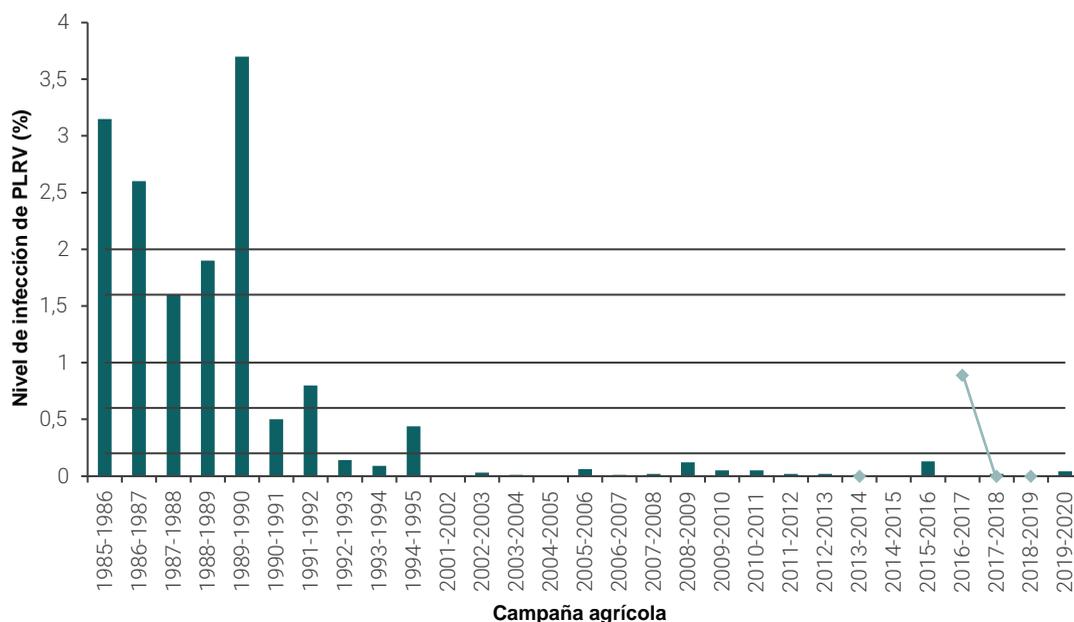
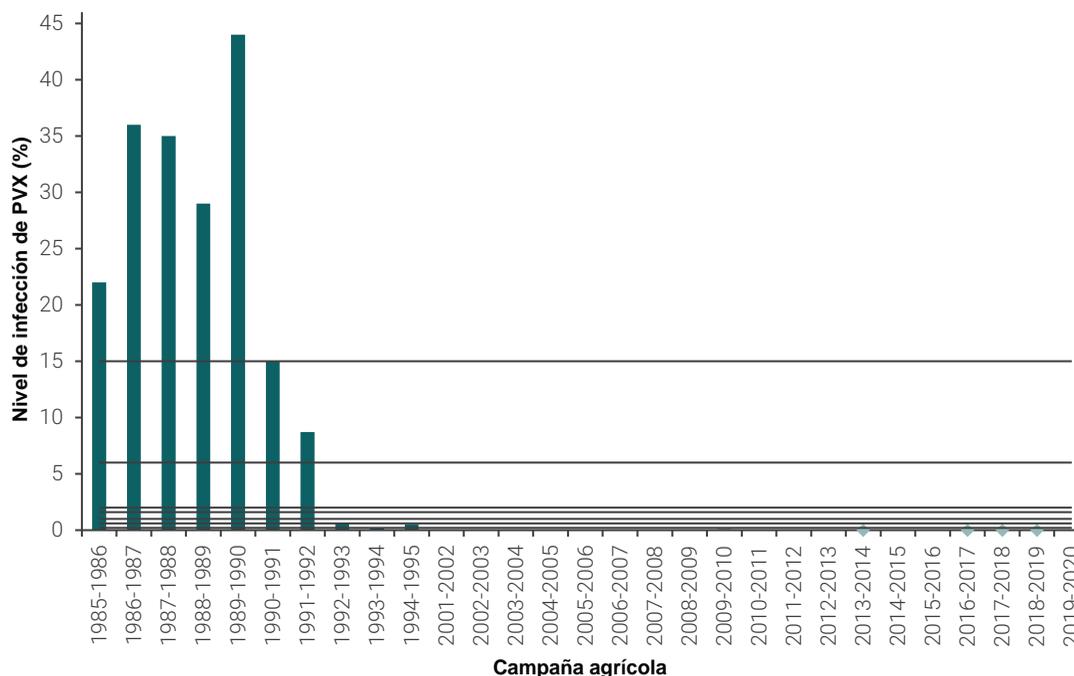


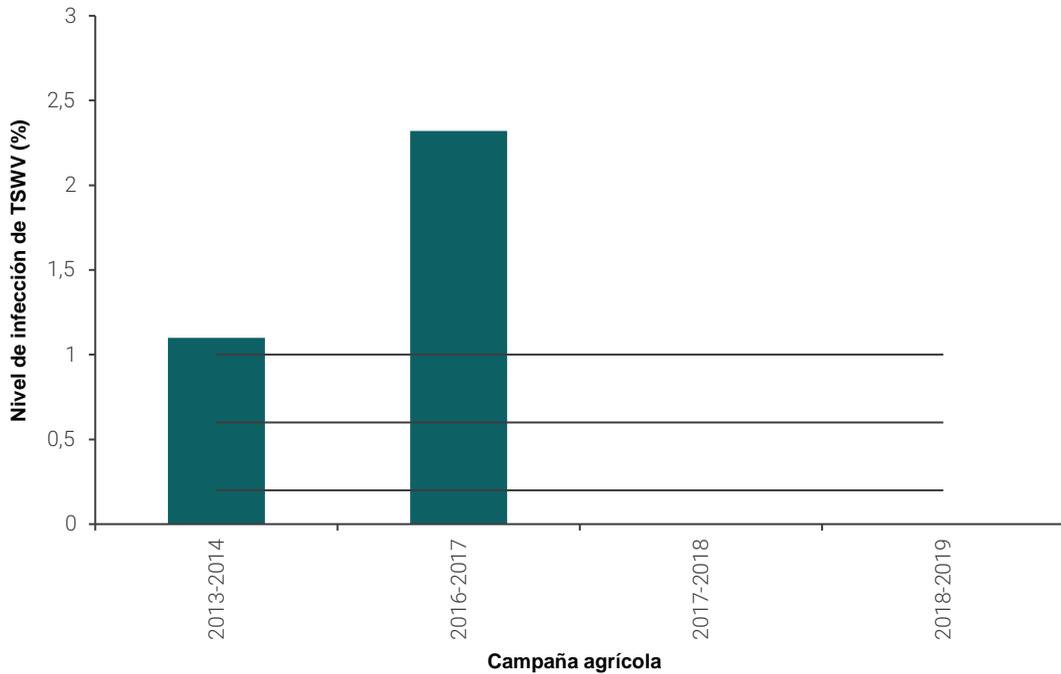
Figura 2. Nivel de infección de PVY en papa-semilla desde la campaña 1985-1986 hasta la 1994-1995 y de la 2001-2002 hasta la 2019-2020 producida en el área diferenciada del Sudeste Bonaerense, datos de INASE (barras verde oscuro), datos del Laboratorio de análisis de papa semilla de la EEA Balcarce, INTA (puntos verde claro). Las líneas horizontales señalan los límites de tolerancia (porcentaje de tubérculos afectados) para virus definidos por el INASE para cada categoría de fiscalización: para las Básicas: Inicial I (0,2%); Inicial II (0,6%); Inicial III (1%); Pre-fundación (1,6%) y Fundación (2%) y para las Certificadas: Registrada (6%) y Certificada (15%) de acuerdo a la Resolución 2017/2002 de INASE.



**Figura 3.** Nivel de infección de PLRV en papa-semilla desde la campaña 1985-1986 hasta la 1994-1995 y de la 2001-2002 hasta la 2019-2020 producida en el área diferenciada del Sudeste Bonaerense, datos de INASE (barras verde oscuro), datos del Laboratorio de análisis de papa-semilla de la EEA Balcarce, INTA (puntos verde claro). Las líneas horizontales señalan los límites de tolerancia (porcentaje de tubérculos afectados) para virus definidos por el INASE para cada categoría de fiscalización: para las Básicas: Inicial I (0,2%); Inicial II (0,6%); Inicial III (1%); Prefundación (1,6%) y Fundación (2%) y para las Certificadas: Registrada (6%) y Certificada (15%) de acuerdo a la Resolución 2017/2002 de INASE.



**Figura 4.** Nivel de infección de PVX en papa-semilla desde la campaña 1985-1986 hasta la 1994-1995 y de la 2001-2002 hasta la 2019-2020 producida en el área diferenciada del Sudeste Bonaerense, datos de INASE (barras verde oscuro), datos del Laboratorio de análisis de papa-semilla de la EEA Balcarce, INTA (puntos verde claro). Las líneas horizontales señalan los límites de tolerancia (porcentaje de tubérculos afectados) para virus definidos por el INASE para cada categoría de fiscalización: para las Básicas: Inicial I (0,2%); Inicial II (0,6%); Inicial III (1%); Prefundación (1,6%) y Fundación (2%) y para las Certificadas: Registrada (6%) y Certificada (15%) de acuerdo a la Resolución 2017/2002 de INASE.



**Figura 5.** Niveles de infección de TSWV en papa-semilla de las campañas 2013-2014, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019 en el área diferenciada del sudeste de la provincia de Buenos Aires, determinados por el Laboratorio de análisis de papa-semilla de la EEA Balcarce. Las líneas grises sobre el eje x indican los límites de tolerancia para TSWV, según el protocolo de producción de papa-semilla propuesto por la Mesa Provincial de la papa, que es de 1%, para la campaña 2017-2018, de 0,5% la campaña 2018-2019 y de 0,2%, para las siguientes campañas.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente estudio, PVY fue el virus con mayor incidencia en las categorías producción y papa-semilla del Sudeste Bonaerense, hecho coincidente con lo reportado en otras zonas productoras de papa a nivel mundial (Hossain, 1999; Wolf y Horvath, 2000; Crosslin *et al.*, 2006; Medina Cárdenas *et al.*, 2015; Ciric *et al.*, 2018; Kreuze *et al.*, 2020). La incidencia de PVY en el cultivo de papa varió desde el 4,7% al 17,6% para la categoría producción y del 0,05% al 5,7%, para la categoría papa-semilla en las distintas campañas evaluadas (tabla 1). Se observó una disminución de la incidencia de PVY en papa-semilla en las últimas campañas mientras que los valores de incidencia oscilaron y fueron más elevados en producción (tabla 1). Existen algunas prácticas que favorecen la presencia y dispersión de PVY en los lotes para consumo e industria a pesar del incremento de la sanidad de la papa-semilla utilizada que proviene del área diferenciada del sudeste de Buenos Aires. Ante la escasez de papa-semilla algunos pequeños productores de papa consumo emplean como simiente el "semillón" (papa descartada para la comercialización por el tamaño), que no cumple con los requisitos sanitarios, por lo tanto se convierte en una fuente de inóculo y de dispersión de los virus. Otra explicación podría ser la acción ineficiente de los insecticidas para controlar a los áfidos debido al tipo de transmisión no persistente del PVY (Jones, 2014). Una medida fitosanitaria que podría disminuir la incidencia del PVY es el monitoreo y eliminación de plantas de papas espontáneas de cultivos anteriores debido a su rol como fuente de inóculo de virus y refugio del vector.

En este trabajo se reportó una menor incidencia de PLRV en relación con el PVY para la región productora del sudeste de Buenos Aires. Existen otros reportes en la bibliografía en donde también se observa esta relación entre PLRV y PVY como en algunas zonas de Bangladesh (Halim, 1999; Sarker *et al.*, 2018), en el Líbano (Choueiri *et al.*, 2004) y en Kenia (Were *et al.*, 2013).

TSWV estuvo presente en todas las campañas evaluadas en este estudio en papa consumo e industria con valores de incidencia entre 0,1% a un 0,9%, mientras que en papa-semilla solo se detectó en las campañas 2013-2014 y 2016-2017. La presencia de TSWV en la zona de producción de papa consumo e industria en el Sudeste Bonaerense podría deberse a varios factores. Un estudio de la dinámica espacial y temporal de TSWV en esta región demostró que la enfermedad es policíclica, caracterizada por repetidos ciclos de infección de TSWV y el rol de *Frankliniella occidentalis* durante la floración del cultivo (Salvaggio *et al.*, 2017). Hay antecedentes sobre la mayor eficiencia en la transmisión de TSWV de esta especie de trips (Sakurai *et al.*, 2002; Nagata *et al.*, 2004). Además, se han reportado a otros cultivos, plantas nativas y malezas como fuente de inóculo de TSWV y hospedantes de los trips (Gracia *et al.*, 1999; Carrizo, 2002). Una medida que podría evitar la dispersión y la reinfección con TSWV del cultivo es a través de un estricto monitoreo y control del trips en el cultivo de papa.

Se observó una fluctuación interanual de los valores de incidencia para PVY, PLRV y TSWV en ambas categorías lo que puede estar relacionado con los factores climáticos. Singh *et al.* (1988) reportaron que la transmisión de PVY y PLRV se in-

crementan en un 30-35% cuando se combina una alta humedad relativa (80%) con altas temperaturas (25-30 °C). En el caso de TSWV, para el cultivo de papa en Australia, se han determinado efectos negativos en las poblaciones de trips y ausencia de la enfermedad en áreas con predominio de precipitaciones y alta humedad relativa. Pero en zonas de temperaturas más altas y menores precipitaciones se presentaban brotes de TSWV de manera más frecuente y severas (Jericho y Wilson, 2005).

Los porcentajes de infecciones mixtas entre PVY, PLRV y TSWV fueron bajos; fueron más frecuentes las infecciones dobles que triples para las dos categorías, consumo-industria y papa-semilla (tabla 2 y 3). Las infecciones mixtas más frecuentes consistieron en coinfección de TSWV con PVY o PLRV y en infecciones triples entre estos virus (tabla 2 y 3). Se cita que no hay antecedentes del tipo de interacción entre TSWV con PVY o PLRV en papa (Moreno y López-Moya 2019). Este trabajo es el primer reporte de infecciones mixtas entre PVY, PLRV y TSWV en Argentina.

Del análisis de los niveles de infección para PVY, PLRV, PVX y TSWV a lo largo de las campañas se observó una disminución de estos en el área diferenciada para la producción de papa-semilla del Sudeste Bonaerense. Actualmente, la categoría de la papa-semilla es Inicial III para PVY, Inicial I para PLRV, PVX y TSWV (figuras 2, 3, 4 y 5). Es importante señalar que no se detectó PVX en papa-semilla desde 2010. Una medida fitosanitaria que pudo contribuir a la casi eliminación de este virus en esta región es la incorporación de plantadoras de cangilones de cortes de papa-semilla que evitan la contaminación y transmisión de PVX por contacto. Además, estos resultados muestran los beneficios de la adopción del uso de papa-semilla con bajos niveles de infección viral. Otra medida que favoreció la calidad sanitaria de la papa-semilla en esta zona es la renovación de la semilla prebásica (minitubérculos) al no multiplicarse por más de tres ciclos. Otra medida que aporta al aumento de la sanidad de la papa-semilla en el área de producción del Sudeste Bonaerense es la práctica del "roguing", la cual consiste en evaluar visualmente plantas con síntomas posibles de ser ocasionados por virus por una cuadrilla de personal entrenado para su erradicación en las primeras etapas del cultivo antes de la visita del inspector del INASE. Esta práctica es común y permite que lotes de papa-semillas que serían rechazados puedan volverse a evaluar para certificar las papa-semillas que se producen en dicho lote. Esta práctica también es común en EE. UU. y en Canadá (Gray *et al.*, 2010). Estas medidas fitosanitarias fueron acompañadas por legislación, normativas y una entidad de fiscalización como el INASE a lo largo del tiempo. La primera normativa se enmarca en la Resolución N° 217/1999 y en su modificatorio del 2002 de la Ex Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA.) Luego, en el 2016, se estableció que solo se podía plantar semilla básica de papa de categoría Inicial III o categorías superiores con un nivel de infección viral total menor al 1% (Resolución del Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires del 27 de julio de 2016). La "semilla" que no cumple con los requisitos formales de sanidad representa una fuente de inóculo inicial importante para la producción de papa y favorece la dispersión de los virus. Un suceso importante fue la reactivación, en el 2016, de la Mesa Provincial de la Papa, en la que hay representantes del Ministerio de Agroindustria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Asociación de Productores de Papa Semilla de la Provincia de Buenos Aires (APPASBA), Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), INASE, Facultad de Ciencias

Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), Industrias procesadoras, Federación Nacional de Productores de Papa (FENNAP), Laboratorios de análisis de papa-semilla tanto de los referentes de los municipios de los partidos productores de papa como de los agricultores. Uno de los objetivos de esta mesa fue elaborar un protocolo de producción de papa-semilla por una comisión designada. La finalidad es permitir una trazabilidad y denominación de origen para reducir los riesgos sanitarios, a los efectos de aumentar el número de multiplicaciones posibles, reducir los costos de producción y mejorar la competitividad en el mercado internacional para favorecer las exportaciones de papa-semilla. Como resultado del trabajo mancomunado de los actores antes mencionados y con el compromiso de los productores, en el año 2017, se llegó al siguiente acuerdo: el lote seleccionado para la producción deberá tener una rotación mínima de cinco años de papa y estar libre de papas espontáneas; el productor deberá inscribirse en el INASE como semillero y someter sus lotes al proceso de fiscalización, de acuerdo a la Res. 217/2002 del INASE; la papa-semilla para plantar en el área semillera debe ser de categoría básica, subcategoría inicial I a III para PVY, PLRV, PVS y PVX y con niveles de tolerancia para TSWV según los años (1% para 2017-2018, 0,5% para 2018-2019 y 0,2% para los siguientes); no se puede implantar papa-semilla importada ni transgénica.

Por un lado, cabe señalar que la acción integrada de entidades públicas, privadas y productores que adoptaron el protocolo propuesto por la Mesa Provincial de papa, logró que esta área a diferenciada del Sudeste Bonaerense se destaque por su excelencia sanitaria. Por otro lado, se recomienda que en la región de producción de papa para consumo e industria del sudeste de Buenos Aires se deberían fortalecer las medidas de control de PVY y TSWV.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo en el marco del proyecto de INTA 2019-PD-E4-I0181-001 "Generación de reactivos, desarrollo de metodologías, validación y acreditación de ensayos para el diagnóstico de patógenos vegetales". Agradecemos a la Técnica de Laboratorio María Fernanda Riero y a los auxiliares Aldo José Riero y Manuel Abel Gonzalez por su trabajo en el laboratorio y en el invernadero. También, al ing. agr. Juan Pablo Valinote, responsable de la oficina Balcarce de INASE por la información brindada.

## BIBLIOGRAFÍA

- BOONHAM, N.; WALSH, K.; PRESTON, S.; NORTH, J.; SMITH, P.; BARKER, I. 2002. The detection of tuber necrotic isolates of *Potato virus Y*, and the accurate discrimination of PVY(O), PVY(N) and PVY(C) strains using RT-PCR. *Journal of virological methods*, 102(1-2), 103-112. [https://doi.org/10.1016/s0166-0934\(02\)00008-3](https://doi.org/10.1016/s0166-0934(02)00008-3).
- BRADLEY, R.H.E. 1954. Studies of the mechanism of transmission of potato virus Y by the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulz.). *Can. J. Zool.* 32:64-73.
- BYARUGABA, A.A.; MUKASA, S.B.; BAREKYE, A.; RUBAIHAYO, P.R. 2020. Interactive effects of Potato virus Y and Potato leafroll virus infection on potato yields in Uganda. *Open Agriculture*, 5(1), 726-739. doi: <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0073>
- CARRIZO, P.I. 2002. Establishing a weed host ranking for thrips vectors of tospovirus in La Plata horticultural belt of Buenos Aires, Argentina. En: MARULLO, R.; MOUND, L.A. (eds.). *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Symposium on Thysanoptera*. Canberra, Australia.
- CARRIZO, P.; DAL BO, E.; ESCARRÁ, A.; PONCE, D.; CALDIZ, D. 2010. Manejo Integrado de Thrips y TSWV en papa. (Disponible: <http://www.argenpapa>).

com.ar/img/ManejoIntegradodeThripsyTSWVvenPapa2010.pdf verificado: 08 de agosto de 2012).

CHATZIVASSILIOU, E.K. 2008. Management of the spread of Tomato spotted wilt virus in tobacco crops with insecticides based on estimates of thrips infestation and virus incidence. *Plant Disease*: 92:1012-1020.

CHOUERI, E.; EL-ZAMMAR, S.; JREIJIRI, F.; MNAYER, D.; MASSAAD, R.; SAAD, A.T.; HANNA, H.; VARVERI, C. 2004. Phytosanitary status of potato in the Bekaa valley in Lebanon. *EPP/OEPP Bulletin*, 34, 117-121.

CIRIC, S.; CVETKOVIC, G.; STOJKOVIC, S.; GUDŽIC, S. 2018. Detection of PVY, PLRV, and PVX potato viruses in some regions of Serbia. *Comptes Rendus De L'acad'Emie Bulg. Des Sci.* 2018, 71, 567-576.

CLAUSEN, A.M.; COLAVITA, M.; BUTZONITCH, I.; CARRANZA, A.V. 2005. A Potato Collecting Expedition in the Province of Jujuy, Argentina and Disease Indexing of Virus and Fungus Pathogens in Andean Cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution*: 52, 1099-1109. <https://doi.org/10.1007/s10722-004-6131-z>

CLOYD, R.A. 2009. Western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) management on ornamental crops grown in greenhouses: have we reached an impasse? *Pest Tech.* 3(1):1-9.

COLAVITA, M.L.; LANCIA, M.; FEINGOLD, S.E.; MASSA, G.A. 2017. Evidence of Recombinant Isolates of Potato Virus Y (PVY) in Argentina. *Am. J. Potato Res.* 94, 275-282. <https://doi.org/10.1007/s12230-016-9564-y>

CONSTANTINO, S. 2016. Argentina: La producción de semilla de papa fiscalizada alcanzó a 139 mil toneladas durante la campaña 2015/16. *Argenpapa*. (Disponible: <http://argenpapa.com/noticia/3652-argentina-la-produccion-de-semilla-de-papa-fiscalizada-alcanzo-a-139-mil-toneladas-durante-la-campana-2015-16> verificado: 12 de enero de 2017).

CONSTANTINO, S. 2020. Argentina (Buenos Aires): Leve incremento de la superficie con papa en el Sudeste en la campaña 2020. *Argenpapa*. (Disponible: <http://argenpapa.com/noticia/8581-argentina-buenos-aires-leve-incremento-de-la-superficie-con-papa-en-el-sudeste-en-la-campana-2020> verificado: 14 de marzo del 2020).

CROSSLIN, J. M.; HAMM, P.B.; HANE, D.C.; JAEGER, J.; BROWN, C.R.; SHIEL, P.J.; BERGER, P.H.; THORNTON, R.E. 2006. The occurrence of PVY<sup>o</sup>, PVY<sup>h</sup>, and PVY<sup>nc</sup> strains of Potato virus Y in certified potato seed lot trials in Washington and Oregon. *Plant Disease*: 90:1102-110

CROSSLIN, J.M.; HAMM, P.B.; EASTWELL, K.C.; THORNTON, R.E.; BROWN, C.R.; CORSINI, D.; SHIEL, P.J.; BERGER, P.H. 2002. First Report of the Necrotic Strain of Potato virus Y (PVY<sup>nc</sup>) on Potatoes in the Northwestern United States. *Plant Disease*: 86:10, 1177-1177.

CROSSLIN, J.M.; HAMM, P.B.; SHIEL, P.J.; HANE, D.C.; BROWN, C. R.; BERGER, P.H. 2005. Serological and molecular detection of tobacco vein necrosis isolates of *Potato virus Y* (PVY<sup>h</sup>) from potatoes grown in the Western United States. *American Journal of Potato Research*: 82, 263-269. <https://doi.org/10.1007/BF02871955>

DEBOKX, J.A. 1972. "Viruses of Potatoes and Seed-Potato Production". Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Países Bajos.

DEVAUX, A.; KROMANN, P.; ORTIZ, O. 2014. Potatoes for sustainable global food security. *Potato Research* 57, 185-99.

DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, Y.C. 2019. *InfoStat* versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (Disponible: <http://www.infostat.com.ar> verificado: 20 de agosto de 2019).

DOUGLAS, D.R.; PAVEK, J.J. 1972. Net necrosis of potato tubers associated with primary, secondary, and tertiary infection of leafroll. *American Potato Journal* 49, 330-333. <https://doi.org/10.1007/BF02861776>.

DUPUIS, B. 2017. The movement of potato virus Y (PVY) in the vascular system of potato plants *Eur J Plant Pathol* 147: 365. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1008-5>

ESCARRÁ, A.; VINCINI, A.M.; CALDIZ, D. 2004. Manejo integrado del cultivo: Biología y control de trips. *Del campo a la fábrica*. 4(1):1-4.

FAOSTAT, 2018. *Statistical Databases on Global Food Production and Trade*. Food and Agriculture Organization, Roma.

GRACIA, O.; DE BORBON, C.M.; DE MILLAN, N.G.; CUESTA, G.V. 1999. Occurrence of Different Tospoviruses in Vegetable Crops in Argentina. *Journal of Phytopathology*, 147: 223-227. doi:10.1046/j.1439-0434.1999.147004223.x

GRAY, S.; DE BOER, S.; LORENZEN, J.; KARASEV, A.; WHITWORTH, J.; NOLTE, P.; SINGH, R.; BOUCHER, A.; XU, H. 2010. *Potato virus Y*: an evolving concern for potato crops in the United States and Canada. *Plant Dis* 94:1384-1397. <https://doi.org/10.1094/pdis-02-10-0124>

HALIM, M.A. 1999. Serological detection of PLRV and PVY from certified potato seeds and their impact on yield. Thesis of MS in Plant Path. Bangladesh: BSMRAU. 1-80 pp.

HOSSAIN, M.H. 1999. Studies of different aspects of seed tuber infection by PLRV and PVY contributing degeneration of potato. Thesis of MS in Plant Path. Bangladesh: BSMRAU. 128 p.

HUARTE, M.A.; CAPEZIO, S.B. 2013. El cultivo de la Papa. En: CAHUEPÉ, M.; GUTHEIM, F. (ed.). Chapter: Cultivo de papa. *Agricultura y ganadería pampeanas*. 1.a ed., Publisher: EUDEM. 172-202 pp. (Disponible: <http://redepapa.org/2015/02/02/el-cultivo-de-la-papa-en-argentina> verificado: 02 de febrero de 2016).

INASE. 2002. Normas de producción de papa semilla en condiciones controladas y Normas para la fiscalización de papa semilla en campo. Resolución 217. (Disponible: [http://www.inase.gov.ar/index.php?option=com\\_remository&Itemid=102&func=fileinfo&id=869](http://www.inase.gov.ar/index.php?option=com_remository&Itemid=102&func=fileinfo&id=869) verificado: mayo de 2015).

INASE. 2013. Producción y fiscalización de semilla de papa en provincia de Buenos Aires. *Boletín Año XI N.º 1*. 20-21 pp.

INASE. 2018. Toda la producción de papa consumo y/o para industria utiliza mucha semilla fiscalizada, el INASE trabaja para que esa semilla llegue a los productores asegurándoles la identidad y calidad. *Oficina Balcarce Revista INASE N.º 5*.

JACOBSEN, B.; VINCINI, A.M.; TULLI, M.C.; CARMONA, D.M.; LOPEZ, R. 2011. *Frankliniella occidentalis* principal transmisor de TSWV: su abundancia y distribución en dos variedades de papa en el sudeste bonaerense. 2.º Congreso Argentino de Fitopatología. Mar del Plata. 251 p.

JACOBSEN, B.; VINCINI, A.M.; TULLI, M.C.; CARMONA, D.M.; LOPEZ, R.A. 2013. Trips transmisores de *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) para industria. *Revista Latinoamericana de la Papa*, Vol. 17 (2):73:101.

JERICO, C.; WILSON, C.R. 2005. Management of tomato spotted wilt virus in potatoes. Final Report for the Project HAL PT00019. Tasmania Institute of Agricultural Research, University of Tasmania. 135 p.

JONES, R.A.C. 2014. Virus disease problems facing potato industries worldwide: viruses found, climate change implications, rationalizing virus strain nomenclature and addressing the Potato virus Y issue. The potato: botany, production and uses. CABI, Wallingford. 202-224 pp.

KERLAN, C. 2006. Description of Plant Viruses: Potato virus Y. Association of Applied Biologists. Disponible: <http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=414> verificado: 20 de octubre de 2007).

KHURANA, S.M.P.; SINGH, M.N. 1988. Yield loss potential of potato viruses X and Y in Indian potatoes. *Journal of Indian Potato Association*, 15, 27-29.

KREUZE, J.F.; SOUZA-DIAS, J.A.C.; JEEVALATHA, A.; FIGUEIRA, A.R.; VALKONEN, J.P.T.; JONES, R.A.C. 2020. *Viral Diseases in Potato*. En: CAMPOS, H.; ORTIZ, O. (eds.). *The Potato Crop*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_11)

LE ROMANCER, M.; KERLAN, C.; NEDELLEC, M. 1994. Biological characterization of various geographical isolates of Potato virus Y including superficial necrosis on potato tubers. *Plant Pathology* 43, 138-44.

LOEBENSTEIN, G. 2001. Potato X Virus (PVX; Genus Potexvirus). En: LOEBENSTEIN, G.; BERGER, P.H.; BRUNT, A.A.; LAWSON, R.H. (eds.). *Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-Potatoes*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0842-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0842-6_8)

LÓPEZ LAMBERTINI, P.M. 2018. Tospovirus y Begomovirus una amenaza fluctuante en papa. *xl Congreso Argentino de Horticultura*, Córdoba, Argentina. *Horticultura Argentina* 37 (94), 303-304 pp.

MARTÍNEZ, C.V.; GONZÁLEZ, V.; FOGLIATA, G.M. 2014. Prevalencia de virus en muestras de papa de Tucumán y Catamarca. 3.º Congreso Argentino de Fitopatología Libro de Resúmenes: 299. San Miguel de Tucumán. Tucumán.

MEDINA CÁRDENAS, H.C.; GUTIÉRREZ, P.A.; MARÍN, M. 2015. Detección del *Potato virus Y* (PVY) en tubérculos de papa mediante TAS-ELISA y qRT-PCR en Antioquia, Colombia. *Bioagro*. 2015;27: 83-92.

MONTIAL, I.; BEJARANO, N. 2011. Virus presentes en la variedad collareja de papa andina (*Solanum tuberosum* ssp. andigena) en la Quebrada de Humahuaca. 2.º Congreso Argentino de Fitopatología. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. 155 p.

MORENO, A.B.; LÓPEZ-MOYA, J.J. 2020. When viruses play team sports: Mixed infections in 461 plants. *Phytopathology* 110:29-48.

NAGATA, T.; ALMEIDA, A.C.L.; RESENDE, R.O.; DE ÁVILA, A.C. 2004. The competence of four thrips species to transmit and replicate four tospoviruses. *Plant Pathology*, 53: 136-140.

- NAVARRETE, I.; PANCHI, N.; KROMANN, P.; FORBES, G.; ANDRADE-PIE-DRA, J. 2017. Health quality of seed potato and yield losses in Ecuador. *bioRxivArticle* 108712. doi:10.1101/108712
- OGAWA, Y.; TOMITAKA, A.; NAKAGAWA, OHSHIMA, K. 2008. Genetic structure of a population of Potato virus Y inducing potato tuber necrotic ringspot disease in Japan; comparison with North American and European. *Virus Research* 131 (2): 199-212. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2007.09.010>
- PINHEIRO, P.V.; WILSON, J.R.; XU, Y.; ZHENG, Y.; REBELO, A.R.; FATTAH-HOSEINI, S.; KRUSE, A.; DOS SILVA, R.S.; XU, Y.; KRAMER, M.; GIOVANNONI, J.; FEI, Z.; GRAY, S.; HECK, M. 2019. Plant viruses transmitted in two different modes produce differing effects on small RNA-mediated processes in their aphid vector. *Phytobiomes J* 3:71-81. <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-10-18-0045-R>
- QUINTERO-FERRER, A.; KARASEV, A.V. 2013. First Report of Recombinant *Potato virus Y* Strains in Potato in Jalisco, Mexico. *Plant disease*: 97:3, 430-430.
- RADCLIFFE, E.; RAGSDALE, D. 2002. Aphid-transmitted potato viruses: the importance of understanding vector biology. *Am. J. Potato Res.* 79: 353-386.
- REITZ, S.R. 2009. Biology and ecology of the western flower trips (Thysanoptera: Thripidae): the making of a pest. *Fla. Entomol.* 92(1): 7-13
- SAKURAI, T.; INOUE, T.; MURAI, T. 2002. Intraspecific variation in transmission of TSWV by *Frankliniella occidentalis* result from distinct virus accumulation. En: MARULLO, R.; MOUND, L.A. (eds.). *Trips and Tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera*. Eds. Canberra, Australian National Insect Collection. 51-57 pp.
- SALVALAGGIO, A.; LÓPEZ LAMBERTINI, P.; CENDOYA, G.; HUARTE, M. 2017. Temporal and spatial dynamics of *Tomato spotted wilt virus* and its vector in a potato crop in Argentina. *Annals of Applied Biology*, 171: 5-14. doi:10.1111/aab.12357
- SARKER, J.C.; AKANDA, A.M.; KARIM, M.R.; SIKDER, R.K.; UDDIN, A.F.M.J. 2018. Evaluation of the Three Generation of Seed Potatoes to Assess Effects of Degeneration Caused By PVY and PLRV. *Advances in Plants and Agriculture Research* 8(1):00296.
- SERRA, M.C.; WEIDEMANN, H.L. 1997. First Report of Potato Tuber Necrotic Ringspot Disease Caused by PVYNTN in Portugal. *Plant disease, Plant Disease* 81:6, 694-694.
- SINGH, R.P.; KHURANA, S.M.P.; NAGAICH, B.B.; AGRAWAL, H.O. 1988. Environmental factors influencing aphid transmission of potato virus Y and leafroll virus. *Potato Res* 31: 501-509.
- SRINIVASAN, R.; ALVAREZ, J.M. 2007. Effect of Mixed Viral Infections (Potato Virus Y – Potato Leafroll Virus) on Biology and Preference of Vectors *Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, Volume 100, Issue 3. 646-655 pp. <https://doi.org/10.1093/jee/100.3.646>
- TOMASSOLI, L.; LUMIA, V.; CERATO, C.; GHEDINI, R. 1998 Occurrence of potato tuber necrotic ring spot disease (PTNRD) in Italy. *Plant disease*, 82:350-350.
- VANCE, V.B. 1991. Replication of potato virus X RNA is altered in coinfections with potato virus Y. *Virology*. Jun; 182(2):486-94. doi: 10.1016/0042-6822(91)90589-4. PMID: 2024486.
- VIOTTI, G.; QUIROGA, M.; MARTINO, C. 2008. Calidad sanitaria de papa semilla utilizada en la provincia de Córdoba. XXIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa y VI Seminario Latinoamericano de Uso y Comercialización de la Papa. Mar del Plata. 505-506 pp.
- WERE, H.K.; KABIRA, J.N.; KINYUA, Z.M.; OLUBAYO, F.M.; KARINGA, J. K.; AURA, J.; LEES, A.K.; COWAN G.H.; TORRANCE, L. 2013. Occurrence and Distribution of Potato Pests and Diseases in Kenya. *Potato Res.* 56, 325-342. <https://doi.org/10.1007/s11540-013-9246-9>
- WILSON, C.R. 2001. Resistance to infection and translocation of *Tomato spotted wilt virus* in potatoes. *Plant Pathology*. 50: 402-410.
- WOLF, I.; HORVATH, S. 2000. The occurrence of potato Y (PVY) potyvirus strains in potato fields in Hungary. *Novenyvedelem*; 36 (9):449-455.