Vol. 21 IDESIA (Chile) Enero - Junio 2003 N°1

"Susceptibilidad y resistencia genética de campo al nuevo virus de la papa SB-29 en poblaciones tetraploides de papa (*Solanum tuberosum* L. 2n = 4x = 48 AAAA) en agroecosistemas áridos".

R. Chávez[1], L. Salazar[2], M. Upadhya[2], E. Chujoy[2], R. Cabello[2], A. Garcia[3], J. Linares[3].

Resumen **IDESIA (Chile) 21 (1): 9-22 (2003)**

Durante los últimos siete años se ha llevado a cabo una investigación colaborativa sobre la incidencia y sus efectos de un nuevo virus en el rendimiento de variedades comerciales de papa y familias híbridas (TPS) cultivadas como alimento, a través de principales áreas de producción de papa de la costa árida del Sur del Perú. Más de 130 familias híbridas y 200 clones avanzados y variedades mejoradas de papa fueron infectadas con el virus por el insecto vector *Russelliana solanicola* Tuthill, conocido como "Cigarrita marrón o ploma", bajo condiciones de campo con una alta presión de población del insecto y un potencial para causar daño a las plantas en las siguientes generaciones clonales. La incidencia y variación de los síntomas de la enfermedad virótica fue también ampliamente estudiada.

El virus del "achaparramiento del follaje" de la papa puede ahora ser considerado como una enfermedad virótica grave en zonas áridas. Es particularmente problemática en las llanuras costeras áridas de Arequipa, Moquegua y Tacna entre 500 y 1500 m.s.n.m. donde la población de insectos llega a su máximo nivel durante las campañas agrícolas de primavera y verano. Los insecticidas disponibles son poco efectivos y muy costosos para que los pequeños agricultores puedan usarlos en estas zonas áridas. Por otra parte, la sofisticada tecnología de la producción de semilla libre de virus está generalmente ausente. Por consiguiente la identificación de clones promisorios y la generación de nuevas variedades resistentes son los métodos más adecuados para el control integrado de esta nueva enfermedad.

Hasta ahora los resultados de esta investigación colaborativa muestran que este nuevo virus, codificado como SB-29 por el Centro Internacional de la Papa, produce síntomas de achaparramiento, clorosis y mosaico del follaje, enanismo progresivo, deterioro de la calidad y pérdidas del rendimiento que fluctúan entre el 10% y 90% en la primera y segunda generación clonal. Asimismo, se ha detectado una muy baja frecuencia de genotipos promisorios resistentes, lográndose seleccionar 30 clones híbridos con buena performancia agronómica, combinando resistencia al Tizón Tardío y tolerancia al calor. Este material genético representa menos del 0,1 % de toda la población evaluada.

Palabras claves: Papa – TPS, *Solanum tuberosum*, virus SB-29, susceptibilidad y resistencia genética, insecto vector, *Russelliana solanicola*.

1 Facultad de Agronomía, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile, email: rchavez@uta.cl
2 Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, perú, email: l.salazar@cgiar.org
3 Facultad de Ciencias Agricolas, Universidad Nacional Jorge Basadre , Tacna Perú email: fcag@principal.edu.pe

Chávez, R.; Salazar, L.; Upadhya, M.; Chujoy, E.; Cabello, R.; García A.; Linares, J. 2003 "The occurrence of genetic resistance and susceptibility to the new potato virus SB-29 among tetraploide potato populations (*Solanum tuberosum* L., 2n = 4x = 48 AAAA) in an arid agroecosystem". IDESIA (Chile) 21 (1) : 9-22

Abstract

A study of a new virus ocurrance and effects on the yield of commercial potato varieties and seedling plants grown from true potato seed (TPS) cultivate as food has been carried out during the last seven years throughout the main potato growing areas of the coastal arid plains of southern Perú. Plant infection of more than 130 hybrid seedling families and 200 clones and varieties was performed, using insect vector *Russelliana solanicola* Tuthill, known as "brown leafhopper", under field experimental condition with potential for damage to potato plants and further clonal generations. The occurrence and variation of virus disease symptoms were also assessed.

Potato bunching leaf virus (SB-29) could be now considered as a major potato virus disease in arid lands. It is particularly troublesome in the arid coastal plains of Arequipa, Moquegua and Tacna from 500 to 1,500 m.a.s.l. where insect populations reach high level during spring and summer growing seasons. Insecticides are less effective and too expensive for small farmers to use in these arid lands. Sophisticated schemes for the production of virus-free potato seed are frequently lacking. Therefore the identification of promising resistant clones and production of resistant varieties are the best aproach for an integrated control of this new disease.

The results of this collaborative research project showed that a new virus, labeled as SB-29 by the International Potato Center, produces bunch, chlorosis, mosaic in the foliage, dwarf plants and affects tuber quality. In addition, it causes yield reductions between 10% and 90% on the first and second clonal generations. Efforts to identify promising resistant genotypes led to the preliminary selection of 30 hybrid clones with good agronomic performance, combining late blight resistance and heat tolerance. This genetic material represents less than 0.1% of the whole screened populations.

Key words: Potato-TPS, *Solanum tuberosum*, virus SB-29, genetic resistance and susceptibility, insect vector, *Russelliana solanicola*.

INTRODUCCIÓN

Existen más de 30 especies de virus y un viroide que atacan al cultivo de la papa causando una degeneración de la planta y sus propágulos debido a la infección acumulativa de virus en sus tejidos. Los virus patógenos son particularmente dañinos en zonas tropicales y subtropicales donde las poblaciones de insectos vectores del virus, como el Pulgón Verde del Duraznero, los Psílidos y la Mosca Blanca, son altas durante todo el año (Raman, 1980;Valencia, 2000) muchos países han superado este problema desarrollando un sistema de certificación de semillas relativamente libres de virus para su venta a los agricultores. Sin embargo estos procedimientos requieren alta tecnología, buena logística y financiamiento sostenible que muchos países en vías de desarrollo no pueden afrontar. Una gran alternativa a la solución de este problema es proveer a los agricultores semilla de variedades mejoradas con resistencia genética de campo al virus (Chávez *et al.*, 1988; Salazar, 1996; Hooker, 1981)

Durante los últimos siete años tanto los agricultores e investigadores agrícolas de la papa, como los miembros del proyecto de investigación colaborativa en zonas áridas (CIP – UNTAC) han venido reportando la incidencia de una nueva plaga insectil que ataca al follaje del cultivo de la papa en el sur

del Perú: Tacna, Moquegua, Arequipa (Chávez *et al.*, 1999). Esta plaga conocida comúnmente como "Cigarrita Marrón" ha sido monitoreada y evaluada en el tiempo y el espacio en cultivos comerciales y experimentos de papa y plantas hospederas de diferentes especies silvestres en el sur del Perú, en forma persistente en los últimos cinco años. Esta especie insectil ha sido recientemente identificada como *Russelliana solanicola*, Homoptera, Psyllidae. Numerosos experimentos de campo y laboratorio realizados en el sur del Perú y en la Molina (CIP) han mostrado evidencias de que *Russelliana solanicola* no sólo causa daño al follaje de la planta, sino que es un transmisor efectivo del virus del "achaparramiento del follaje", el cual ha sido aislado y codificado como SB-29 strain de la serie potyvirus, por uno de los autores del presente trabajo (L. Salazar 1996). Las plantas infectadas con el virus SB-29 muestran síntomas del achaparramiento del follaje principalmente en la primera y segunda generación clonal después de la infección primaria.

De las 30 especies de virus fitopatógenos que afectan al cultivo de la papa, los virus PLRV, PVY y PVX son los más importantes por su frecuencia y el efecto negativo que causan en la producción (Salazar, 1996). En este sentido, la principal razón para controlar las enfermedades virales en la papa es prevenir la reducción de la producción comercial. Por ejemplo, la reducción de rendimiento de un campo en el cual todas las plantas son infectadas con los virus PLRV, PVY y PVX puede alcanzar de 40 a 70%, dependiendo, del cultivar (Hooker 1981, Bokx, 1972). Muchos agricultores de papa de la costa sur, en un intento por escapar de la enfermedad, han modificado sus calendarios de siembra, ya que esta enfermedad se presenta por lo general en los meses de primavera, verano y hasta comienzos de otoño cuando las poblaciones de cigarritas marrón (*Russelliana, solanicola*) son altas (García, 2002). Las investigaciones realizadas hasta ahora han permitido determinar que la enfermedad denominada "achaparramiento del follaje" es ocasionada por un virus isométrico codificado como SB-29. este virus se disemina por medio de los adultos y/o ninfas del insecto vector.

A principios de la estación agrícola de verano (diciembre 1995), se instaló en la Irrigación Majes, Arequipa, 1.420 m.s.n.m., un experimento de papa, para evaluar la adaptación y calidad industrial de doce clones superiores de papa y tres variedades mejoradas. Durante la evaluación del grado de vigor del follaje a los 60 días de la siembra (Marzo 1996), se detectó por primera vez un fuerte ataque de insecto Psílido, similar al daño causado por alta presión de población de áfidos. El daño causado al follaje y especialmente a los brotes fue muy serio y prácticamente se perdió toda la cosecha en el experimento de campo. Desde aquella fecha, hasta el presente se ha monitoreado y evaluado la ocurrencia poblacional de esta nueva y peligrosa plaga en los cultivos comerciales de papa en Arequipa, Moquegua y Tacna (Chávez, 2002; García, 2002).

Los experimentos preliminares conducidos en los campos experimentales de Tacna y Majes durante el invierno de 1996 utilizando semilla-tubérculo pre-básica libre de virus, y básica, y semilla-tubérculo cosechada de plantas madres previamente atacadas por *Russelliana solanicola* tanto en Majes, Valle de Moquegua y Tacna mostraron notables evidencias de que *Russelliana solanicola* transmitía la enfermedad del "achaparramiento del follaje" de la papa en la siguiente generación clonal (Chávez, 2002).

Dentro de la estrategia de la investigación colaborativa, se ha conducido y evaluado cerca de veinte experimentos de campo y dos de invernadero en Tacna, Arequipa y Moquegua, con un total de 18 variedades mejoradas y

comerciales y cerca de 30.000 genotipos o clones iniciales de papa agrupadas en 130 familias híbridas (TPS) y expuestas al ataque natural del vector *Russelliana solanicola* (Chávez *et al.*, 1996). En general, los resultados de esta investigación colaborativa muestran que este insecto realmente es un vector y transmisor efectivo del virus que causaría enfermedad del "achaparramiento del follaje", SB-29 en la siguiente generación clonal y subsiguientes generaciones clonales en forma más dañina. Este virus además de causar deformación del follaje, reducción notable del área foliar, es también, causante del bajo rendimiento y calidad de tubérculos. Todas las variedades mejoradas estudiadas han mostrado susceptibilidad, en mayor o menor grado, al virus del "Achaparramiento del follaje". Sin embargo, la población clonal estudiada, proveniente mayormente de familias híbridas TPS, muestra evidencias preliminares de la ocurrencia o existencia de una variabilidad genética promisoria y una segregación favorable de genes, aunque en muy baja frecuencia poblacional, menor al uno por ciento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Más de 130 familias híbridas de semilla botánica de papa y cerca de 200 clones avanzados y variedades comerciales fueron naturalmente infectadas con el virus SB-29 por el insecto vector *Russelliana solanicola.* Esta infección natural fue realizada bajo condiciones de campo con una alta presión de población del insecto y un potencial para causar daño a las plantas y en las siguientes generaciones clonales. La incidencia y variación de los síntomas de la enfermedad virótica fue también ampliamente estudiada. Asimismo, la ocurrencia poblacional del insecto fue observada en cerca de 70 especies cultivadas y silvestres a fin de detectar posibles hospederos del insecto vector.

En cada experimento con plantas previamente contaminadas por *Russelliana solanicola* ha sido necesario la utilización de "Controles o testigos" consistentes en lotes de semilla no contaminada (Pre-básica y básica) para el estudio comparativo. En este sentido la producción de semilla pre-básica y básica ha sido también importante y será siempre necesaria para el estudio y contribución al control integrado de esta enfermedad que daña la semilla de papa en la costa sur peruana.

Desde el principio del proyecto de investigación colaborativa se ha venido aplicando la escala de evaluación de la ocurrencia poblacional de *Russelliana solanicola* en los cultivos de papa en los grados: 0,1,3,5,7 y 9. en una hoja de papel blanco de tamaño A-4 al sacudir el follaje, considerándose el grado 1 con la presencia de 1 a 5 adultos por muestra y grado 9 con 21 o más adultos por planta. Las observaciones de campo sugieren que es suficiente una población en grado 1 para que la planta muestre síntomas del "achaparramiento del follaje" en la siguiente generación clonal (Tabla 1).

Tabla 1
Grado de ocurrencia poblacional de *Russelliana solanicola* en plantas hospederas.

Escala	Número de Adultos (Grado de ocurrencia de *Russelliana solanicola*)
0	ausente
1	1 – 5 individuos
3	6 – 10 individuos
5	11 –15 individuos
7	16 – 20 individuos
9	21 o más individuos

El efecto del ataque de *Russelliana solanicola* en la performancia agronómica en la siguiente generación clonal fue evaluado a través de 15 campos experimentales en diferentes localidades y temporadas en el sur del Perú, durante siete años consecutivos. Semilla de tubérculos cosechadas de las plantas previamente crecidas bajo fuerte presión de pobla-

ción de *Russelliana solanicola* fueron usadas para cada campo experimental. Se registró una diversidad de síntomas de la enfermedad en el follaje y la pérdida del vigor del follaje y disminución del rendimiento de la cosecha en comparación con la generación clonal original libre de virus (Tabla 1).

RUSSELLIANA SOLANICOLA Vs. *EUCALYPTUS GLOBULUS* Y OTROS HOSPEDEROS

Como resultado del monitoreo de la ocurrencia poblacional de *Russelliana solanicola* en otras especies hospederas en el sur del Perú, se detectó una enorme presión de población persistente y abundante durante todo el. año en los brotes y hojas sésiles de los árboles de *Eucalyptus globulus*. Al principio se hipotetizó la teoría de que *E. globulus* sería el causante de la diseminación rápida de esta plaga en los cultivos de papa en la costa sur peruana. Esta especie arbórea y forestal es muy abundante en los cercos de los cultivos de papa en Tacna, Arequipa y Moquegua. En otras especies de este género, como *Eucalyptus rostrata*, *E. viminalis*, y *E. orbicularis* no se encontraron poblaciones de *Russelliana solanicola* en el sur del Perú. Plantas de papa de diferentes variedades mejoradas de calidad culinaria e industrial incluyendo la Vr. Russet Burbank fueron desarrolladas bajo condiciones de invernadero a partir de tuberculillos libres de patógenos (in-vitro) e infestadas con adultos de la Cigarrita Ploma provenientes de *Eucalyptus globulus*. Las plantas de papa tanto en primera como en segunda generación clonal no mostraron síntomas típicos del virus del "achaparramiento del follaje" y fueron ELISA seronegativas para los ocho virus más comunes de la papa. Esto demostró que la Cigarrita Ploma, de *Eucalyptus globulus* no transmitió el virus SB-29 a las plantas de papa. Estudios posteriores en el Centro Internacional de la Papa y en la Universidad Nacional Agraria, La Molina, confirmaron que la especie insectil de *E. globulus* era una especie diferente a *Russelliana solanicola* de la papa, siendo identificado como *Cteranitaina eucalyptii* (Homoptera, Psyllidae). Por otra parte, *R. solanicola* ha sido detectada abundante en otras seis especies de malezas de la costa, como las del género *Tagetes* y *Flaveria*. Asímismo se ha detectado en plantas cultivadas de la familia Solanaceae como Tomate, Ají y Páprika (Tabla 2).

Los resultados preliminares de las observaciones de campo indicaron que la ocurrencia de *Russelliana solanicola* es permanente durante las cuatro estaciones del año en los cultivos de papa conducidos en mayor o menor extensión entre 1.400-1.500 m.s.n.m en la Irrigación Majes, entre 1.800-2.000 m.s.n.m. en los campos de cultivo de La Joya, entre 1.400-1.600 m.s.n.m. en el Valle de Moquegua y entre 500-1.000 m.s.n.m. en el valle de Tacna. Al principio no se detectó una correlación entre la estación climática y la presión de población de *Russelliana solanicola* en los cultivos comerciales de papa en el sur del Perú. Sin embargo, posteriormente se detectó que la existencia de cultivos de papa, aunque en menor extensión durante el verano, favorece la ocurrencia poblacional significativa de *Russelliana solanicola* en la costa sur. A esto se puede agregar otras especies cultivadas que son hospederos frecuentes como los cultivos de Marigold, Huacatay, Tomate, Ají Panca, Páprika y la maleza halófila *Flaveria bidentis*, que mantienen o son hospederos de las poblaciones de *Russelliana solanicola* en la costa durante todo el año. Sin embargo, no se ha detectado ningún síntoma del "achaparramiento del follaje" en las plantas hospederas de Marigold, Huacatay y *Flaveria bidentis* (Tabla 2).

Tabla 2
Grado de ocurrencia poblacional del vector *Russelliana solanicola* en diferentes especies hospederas cultivadas y silvestres.

N°	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	GRADO DE O.P *
01	Yerba Mora	*Solanum nigrum*	Solanaceae	3
02	Chamico	*Datura stramonium*	Solanaceae	5
03	Tomatillo	*Lycopersicon chilense*	Solanaceae	5
04	Hediondilla	*Cestrum hediondum*	Solanaceae	1
05	Mala Yerba	*Flaveria bidentis*	Compositae	9
06	Tomatillo	*Lycopersicon peruvianum*	Solanaceae	5
07	Tomate	*Lycopersicon esculentum*	Solanaceae	9
08	Papa	*Solanum tuberosum*	Solanaceae	9
09	Marigold	*Tagetes patula*	Compositae	9
10	Huacatay	*Tagetes minuta*	Compositae	9
11	Ají Panka	*Capsicum baccatum*	Solanaceae	5
12	Paprika	*Capsicum annuum*	Solanaceae	3
13	Pimentón	*Capsicum annuum*	Solanaceae	3
14	Eucalipto	*Eucalyptus globulus*	Myrtaceae	0

*Grado de ocurrencia poblacional en las plantas hospederas basado en el número promedio de adultos.

DAÑO Y PERDIDA DE COSECHA PRODUCIDAS POR *RUSSELLIANA SOLANICOLA* Y EL VIRUS SB-29 EN EL GERMOPLASMA DE LA PAPA

Los resultados del monitoreo de mas de 18 variedades comerciales de papa en la costa sur peruana y la observación y seguimiento de cerca de 30.000 genotipos de papa provenientes de familias híbridas (TPS) indican que *Russelliana solanicola* es un agente transmisor muy efectivo de la enfermedad del "Achaparramiento", producida por el virus SB-29. Las plantas madres infestadas con *Russelliana solanicola* muestran daños primarios en el follaje, especialmente en los brotes apicales, a veces seguido de una invasión del hongo fumagina. Sin embargo no se ha detectado síntomas conspicuos del "achaparramiento del follaje" en las plantas madres, sino en la siguiente generación clonal, es decir en plantas generadas de tubérculo-semilla provenientes de plantas madres previamente infestadas con *Russelliana solanicola*. En la siguiente generación clonal precedida por una infestación de *Russelliana solanicola* las plantas casi en su totalidad (más de 90%) muestran claros y conspicuos síntomas del "achaparramiento del follaje" (fig. 02). Durante la cosecha se ha observado una enorme fluctuación en la reducción del rendimiento de la planta, calculado entre 20 y 80% de pérdidas en la siguiente generación clonal. Además de pérdidas en el rendimiento, se observa una disminución general de la calidad del tubérculo, como tubérculos pequeños, deformes y rajados. La segunda y tercera generación clonal de plantas infectadas con el SB-29 muestran un mayor sinergismo de síntomas del "achaparramiento en el follaje", seguido de la escasa tuberización de la planta y total degeneración del genotipo o variedad de la papa (Tabla 3).

Las observaciones de 20 experimentos de campo utilizando material de una amplia base

Tabla 3

Síntomas del virus SB-29 en el follaje y en los tubérculos

En el Follaje	Tubérculo
1. Achaparramiento	1. Bajo rendimiento g/planta(t ha^{-1})
2. Clorosis	2. Bajo número de tubérculos
3. Hojas enrolladas	3. Tubérculos pequeños
4. Enanismo moderado o extremo.	4. Tubérculos deformes
5. Reducción del área foliar total	5. Inhibición de la tuberización.
6. Reducción del tamaño de las hojas	
7. Baja frecuencia de brotes púrpura	
8. Deformación del limbo foliar	
9. Mosaico del limbo foliar	
10. Reducción de los entrenudos	

genética indican la existencia de una variabilidad genética para el mayor grado de susceptibilidad de los genotipos de papa al virus del "achaparramiento del follaje". Mayores pérdidas de la cosecha se han observado en variedades mejoradas muy susceptibles a virus SB-29 tales como las variedades comerciales Tacna, Costanera, Tomasa, María Tambeña, Primavera y Perricholi. En las poblaciones de familias híbridas de TPS se ha detectado una variabilidad genética significativa entre familias e intra-familias del "achaparramiento en el follaje" (Tabla 3). Asímismo hay familias que presentan genotipos promisorios segregantes para resistencia de campo a SB-29 en muy baja frecuencia, tales como las familias híbridas TPS: AL-204 x TPS-67, ARACY x TPS-13, TS-15 x TPS.13, CHIQUITA x TPS-13 C96 H.10.11 x TPS.13 y C95C.16.1 TPS. 67.

Dentro de la estrategia del control integrado de *R. Solanicola*, el uso de insecticidas químicos ha dado resultados satisfactorios pero sólo temporales, ya que hay una constante migración de adultos de un campo a otro, lo cual se transforma en la utilización masiva e indiscriminada de plaguicidas químicos contaminantes. Por otra parte, el uso de planchas de plástico amarillas y pegajosas ha venido mostrando buenos resultados, disminuyendo grandemente la población insectil en el campo de cultivo.

Un interesante punto para ser discutido más adelante es la existencia de una correlación positiva significativa entre la presión de la población de la Cigarrita Marrón y la alta radiación solar y temperatura de la temporada y las condiciones de fotoperíodo relativamente largos en Tacna, Arequipa y Moquegua, entre las latitudes 16° - 18° LS. Por otra parte, esta alta ocurrencia poblacional promueve la fuerte y continua aplicación de insecticidas químicos por los agricultores, lo cual en la mayoría de los casos es inefectivo, especialmente cuando las áreas vecinas alrededor al cultivo no son controladas.

Los resultados de esta investigación muestran que ninguna variedad mejorada de papa evaluada bajo condiciones de campo, ha mostrado un síntoma particular de la enfermedad virótica en el follaje, y ninguna variedad ha sido encontrada libre o resistente a estos síntomas (Tabla 4).

En general, el grupo de 14 variedades comerciales de papa evaluadas han demostrado una variación de síntomas en el follaje a los 30 y 60 días después de la siembra, así como los tubérculos cosechados en los 110 días de período vegetativo, tal como se

Tabla 4
Pérdidas de la cosecha generadas por el efecto detrimental del virus SB-29 en variedades comerciales de papa cultivadas con semilla contaminada (sc) en comparación con el rendimiento de plantas con semilla sana (ss).

CLASE DE SEMILLA	VARIEDAD COMERCIAL	RENDIMIENTO t ha^{-1}	% DE PERDIDA
SS	AMARILIS	22,2	CONTROL
SC	AMARILIS	11,8	46,8
SS	ATLANTIC	13,7	CONTROL
SC	ATLANTIC	08,3	39,4
SS	CANCHAN INIA	16,3	CONTROL
SC	CANCHAN INIA	06,1	62,5
SS	CICA	21,2	CONTROL
SC	CICA	11,1	48,1
SS	COSTANERA	19,3	CONTROL
SC	COSTANERA	09,8	49,2
SS	DESIREE	14,4	CONTROL
SC	DESIREE	11,9	17,3
SS	MARIVA	24,8	CONTROL
SC	MARIVA	17,2	30,6
SS	PERRICHOLI	35,5	CONTROL
SC	PERRICHOLI	29,9	15,7
SS	REVOLUCION	22,8	CONTROL
SC	REVOLUCION	13,2	42,1
SS	RUSSET BURBANK	14,6	CONTROL
SC	RUSSET BURBANK	6,8	53,4
SS	TACNA	20,4	CONTROL
SC	TACNA	8,1	60,2
SS	TOMASA TITO	24,1	CONTROL
SC	TOMASA TITO	15,3	36,5
SS	UNICA	20,1	CONTROL
SC	UNICA	16,5	24,1
SS	YUNGAY	20,2	CONTROL
SC	YUNGAY	12,4	38,6

* Rendimiento comercial de tubérculos (t ha^{-1}) bajo condiciones de primavera-verano.

muestra en la Tablas 3 y 4. Los resultados de la conducción y evaluación de más de 20 experimentos de campo en un agroecosistema árido y salino, utilizando un germoplasma avanzado de papa con una amplia base genética, muestran la importancia económica de la enfermedad virótica producida por el virus SB-29. Aunque la identificación de la familia híbrida TPS de mejor rendimiento fue la principal prioridad, fue posible observar entre algunas familias híbridas TPS una interesante segregación clonal intra familiar, la cual permitió la selección de clones promisorios para una evaluación posterior (Tabla 5). Debido a que todos los campos experimentales fueron establecidos y dirigidos en áreas tradicionales

del cultivo de papa, con ocurrencia poblacional de *Russelliana solanicola*, la frecuencia de posibles escapes fue extremadamente reducida (Tabla 5).

La variabilidad de los síntomas de follaje del virus SB-29 y el rango de reducción en la calidad y rendimiento de tubérculos en las poblaciones híbridas TPS fueron similares a las previamente mostradas entre las variedades comerciales estudiadas. Sin embargo, entre estas familias híbridas, se detectó una baja frecuencia de resistencia genética al virus SB-29. De más de 30.000 genotipos tamizados cerca de 300 clones promisorios fueron inicialmente seleccionados por su ausencia de síntomas en la siguiente generación clonal. De esta población clonal cerca de 30 clones parecieron ser resistentes al virus en términos de ausencia de síntomas en el follaje y buen rendimiento en calidad y cosecha de tubérculos en la segunda generación clonal. Estos clones promisorios han sido introducidos al sistema de cultivo *in vitro* de tejidos para su conservación, micro propagación y evaluación posterior en experimentos más avanzados (Tabla 5).

Observaciones realizadas en las áreas agrícolas del norte de Chile indican la no-ocurrencia de *Russelliana solanicola*. A pesar del cultivo intensivo y masal del pimentón y del tomate para procesamiento y exportación en el norte de Chile, no hay ninguna indicación del ataque de *Russelliana solanicola* y daño a las plantas de pimentón y tomate Sin embargo, de acuerdo a los entomólogos chilenos (González, 1989; Prado, 1991; Klein & Watherhouse, 2.000) la ocurrencia de la Cigarrita Marrón, *Russelliana solanicola* ha sido reportada como especie endémica asociada a varios cultivos, incluida papa, hasta la IX Región de La Araucanía, pero sin constituir, actualmente, una plaga de importancia económica.

DISCUSIÓN

Las investigaciones realizadas en forma intensiva durante más de siete años con poblaciones de *Russelliana solanicola* y el virus SB-29 en cientos de híbridos, miles de genotipos y docenas de variedades mejoradas de papa nos llevan a hipotetizar y teorizar algunos aspectos importantes en la relación: insecto - virus - planta - medio ambiente. *Russelliana solanicola* parece ser una nueva plaga insectil muy seria, abundante y permanente durante casi todo el año en los cultivos de papa de la costa sur peruana especialmente de elevación media, de 500 a 2.000 m.s.n.m.

La mayor presión de población de *Russelliana solanicola* se presenta bajo temperaturas altas y moderadas, con alta radiación solar, entre 500 y 1500 m.s.n.m. La menor ocurrencia de esta plaga insectil se registra durante el invierno (junio-julio-agosto). Por otra parte *Russelliana solanicola* podría ser un vector y transmisor efectivo del virus de "achaparramiento del follaje" de la papa, SB-29, cuyos síntomas conspicuos en el follaje se observan en la siguiente generación clonal y se incrementan marcadamente en la segunda generación clonal, llegando en algunas casos a una total degeneración o extinción de la planta en los genotipos muy susceptibles al virus SB-29.

Hasta la fecha ninguna variedad mejorada de papa, nacional o introducida, ha mostrado resistencia de campo a *Russelliana solanicola*, ni al virus SB-29. Sin embargo hay una variabilidad intervarietal significativa en el grado de sinergismo en el follaje y en el porcentaje de pérdidas en la cosecha.

La Cigarrita Ploma de *Eucalyptus globulus* identificada como *Cteranitayna eucalypti*, muy abundante en el sur del Perú, no es un vector ni transmite el virus del "achaparramiento del follaje" de la papa SB-29. Por otra parte, a pesar que se ha registrado una alta presión de población de *Russelliana solanicola* en las plantas hospederos de Marigold, Huacatay y

Flaveria bidentis en los alrededores de cultivos de papa, no se ha detectado ningún síntoma descrito de la enfermedad del "achaparramiento del follaje" en todas las plantas observadas de estas tres especies.

Existe una variabilidad genética favorable, aunque en baja frecuencia (menos del 1 %), en las poblaciones de familias híbridas del programa TPS del CIP para la resistencia de campo al virus del "achaparramiento del follaje", SB-29. Por lo que es factible seleccionar

Tabla 5
Clones promisorios de papa con resistencia de campo al virus SB-29 seleccionados de cerca de 130 familias híbridas de semilla botánica de papa (TPS).

N°	CODIGO	PEDIGREEDE	RESISTENCIA CAMPO A L. TIZON TARDIO
01	SB.29.01	(C96H.10.11 x TPS.13)10	R
02	SB.29.02	(C96HG.64.8 x TPS.13)1	R
03	SB.29.03	(C96 H.15.4 x TPS.13)15	S
04	SB.29.04	(C96 H.10.11 x TPS.13)5	R
05	SB.29.05	(C96 HI.17.2 x TPS.13)7	MR
06	SB.29.06	(C96 H.15.4 x TPS.13)4	S
07	SB.29.07	(C96 H.10.11 x TPS.13)11	MR
08	SB.29.08	(C96 H.15.4 x TPS.13)14	R
09	SB.29.09	(C96 H.15.4 x TPS.13)17	R
10	SB.29.10	(C96 H.15.3 x TPS.13)1	MR
11	SB.29.11	(C96 H.15.3 x TPS.13)5	R
12	SB.29.12	(C96 H.10.11 x TPS.13)6	R
13	SB.29.13	(C95 C.05.1 x TPS.67)1	R
14	SB.29.14	(C95 C.16.1 x TPS.67)1	MR
15	SB.29.15	(C95 C.54.9 x TPS.13)1	MR
16	SB.29.16	(C95 C.16.1 x TPS.13)3	MR
17	SB.29.17	(Yungay x (94 H.07.5)1	S
18	SB.29.18	(C95 C.25.1 x ccompis)4	R
19	SB.29.19	(Yungay x C94 H.07.5)1	S
20	SB.29.20	(ARACY x TPS 13)1MR	MR
21	SB.29.21	(SERRANA x C94 H.07.3)1	R
22	SB.29.22	(ACHIRANA x TPS 67)1	R
23	SB.29.23	(CHIQUITA x TPS.13)1	R
24	SB.29.24	(TS.15 x TPS.67)1	MR
25	SB.29.25	(AL.204 x TPS.13)1	MR
26	SB.29.26	(AL.624 x TPS.13)1	MR
27	SB.29.27	(MFII x C94 H.07.3)1	MR
28	SB.29.28	(MFII x C95 T.07.3)1	R
29	SB.29.29	(C95 LB.34.3 x TPS.13)1	MR
30	SB.29.30	(C96 LB.30.B.2 x TPS.13)1	MR

* Resistencia de campo al hongo fitopatógeno *Phytophthora infestans* bajo condiciones del invierno costero.

y desarrollar familias híbridas y clones promisorios con esta resistencia para su explotación en los cultivos comerciales de papa en la costa árida sur peruana, para lo cual es necesario primero ampliar significativamente la base genética en los híbridos a tamizar para poder generar nuevas familias híbridas de parentales superiores con buena habilidad combinatoria general y especial.

Es posible la existencia de razas o strains del virus SB-29, con mayor virulencia que causan infección primaria con síntomas muy visibles del "achaparramiento del follaje" en la primera generación clonal. Finalmente, los síntomas parecidos al "achaparramiento del follaje" observados en los cultivos aledaños de tomate, ají-panka, y paprika en la costa sur peruana, posiblemente sean generados por la acción virulenta del virus SB-29. el origen que causa la *Russelliana solanicola* como nueva plaga insectil en la costa sur peruana aún es desconocida. Aunque algunos agricultores y extensionistas agrícolas atribuyen a la introducción del cultivo de Marigold en este agroecosistema, que combinado con la aplicación misma de insecticidas químicos que con los insectos, favoreció el establecimiento y diseminación masiva de la Cigarrita ploma en los cultivos de papa en la costa sur peruana. Así mismo, el origen y su naturaleza genética del nuevo virus de la papa SB-29 es hasta ahora un gran misterio.

Fig 1. Reducción marcada del vigor del follaje y del rendimiento y calidad en los tubérculos por efecto detrimente del virus SB-29 en una variedad comercial (izquierda), en comparación con la perfomancia agronómica de las plantas derivadas de semilla libre de virus (derecha).

Fig. 2. Híbrido de papa a los 70 días de período vegetativo mostrando un enanismo marcado y rugoridad en el follaje. Planta desarrollada con semilla contaminada con el virus SB-29, (segunda generación clonal).

Fig. 3. Segregación para resistencia (izquierda) y suceptibilidad al virus SB-29 (derecha) en una población híbrida. El genotipo suceptible muestra un típico síntoma de "achaparramiento del follaje".

Fig. 4. Enrrollamiento, clorosis y reducción del área foliar en una planta infectada con el virus SB-29 de la variedad de papa DESIREE.

Fig. 5. Híbrido superior de papa mostrando una resistencia genética de campo al virus SB-29 en la segunda generación clonal de infección con el vector *Russelliana solanicola*.

LITERATURA CITADA

BOKX, J.A. de (1972). Viruses of potatoes and seed production. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 233 pp.

CHAVEZ, R., (2002) Mejoramiento genético de plantas tuberíferas para zonas áridosalinas. Edt. Art. Graphics, 337p.

CHAVEZ, R., UPADHYA, M. ; CABELLO, R., BERRIOS, R: SILES, P. (1996) Producción de papa en zonas áridas y salinas a partir de semilla botánica. Factibilidad y Perspectivas. Rev. Ciencia y Desarrollo N° 03-1996 p.

CHAVEZ, R. BROWN, C.: IWANAGA, M. (1988) Tranfer of resistance to PLRV titer buildup from *Solanum tuberosum* to a tuberbearing *Solanum* gene pool. Theor. Appl. Genet 76:129-135.

CHAVEZ, R., UPADHYA, M., CABELLO, R. (1999). Hacia la identificación de *Russelliana solanicola* como plaga y transmisor del Virus SB-29. Congreso Nacional de Entomología, Arica, Chile.

GARCIA. A. (2002). Efecto del virus del achaparramiento SB-29 en el vigor de la planta, calidad y rendimiento del tubérculo en variedades mejoradas de papa en el Valle de Tacna. Tesis, Ing. Agrónomo 160 p., Universidad Nacional de Tacna, Perú.

GONZALEZ, R.H. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Editorial Ograma, Santiago, Chile, 310p.

HOOKER, W. J. (1981) Compendium of potato diseases American Phytopathological Society, 125 pp.

KLEIN KOCH, C., And WATERHOUSE, D.F. 2000. The distribution and importance of arthropods associated wth agriculture and forestry in Chile (Distribución e importanción de los artropados asociados a la agricultura y silvicultura en Chile) ACIAR Monograph N° 68, 231 pp.

PRADO, E. 1991. Antrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile, Semi Boletín Técnico 169: 203 p.

RAMAN, K. V. (1980) Insect vector Transmission of potato viruses. Technical Information Bulletin 2. International Potato Center, Lima, Perú. 15pp.

SALAZAR. L. (1996) Potato; viruses and their control. Edit. CIP. 214pp. Lima, Perú.

VALENCIA, L. (2000), La Mosca blanca en la agricultura peruana. Pub. Aventis 160 p.

Fecha Recepción: 15 marzo 2003; Fecha Aprobación: 20 mayo 2003