

# COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES NATIVAS Y COMERCIALES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) A INFECCIONES NATURALES DE TIZÓN TARDÍO, MANEJADAS EN BASE A SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

Jaime Solano Solís, Ivette Acuña Bravo, Patricio Diéguez San Martín y Daniza Morales Ulloa

## RESUMEN

Mundialmente *Phytophthora infestans* Mont. de Bary, causa una de las enfermedades más importantes en la papa (*Solanum tuberosum* L.). En Chile, a partir de la última década se han reiterado años de 'tizón', afectando muchas variedades y cultivares. Esto ha motivado la validación de diferentes sistemas de alerta temprana determinándose el modelo Blitecast como el más eficiente. El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento de variedades nativas y cultivares comerciales de papa a infecciones naturales de tizón tardío, manejados en base a un sistema de alerta temprana. Durante la temporada 2006/2007 se estableció un ensayo de campo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Los tratamientos correspondieron a un arreglo factorial 7×2, con siete materiales de papa y dos sistemas de alerta temprana. Las variedades

nativas utilizadas fueron Michuñe azul y Clavela, y los cultivares Desirée, Yagana, Karu, Pukará y Cardinal. Los sistemas de alerta correspondieron a un manejo químico usando alerta temprana en base al modelo Blitecast y un testigo sin manejo químico. No se observaron efectos de interacción en el estudio ( $p>0,05$ ). Cardinal presentó daño foliar y área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) significativamente menor ( $p\leq 0,05$ ) que Desirée, coincidiendo con la descripción oficial de ambos cultivares. El ABCPE clasificó a Michuñe azul (119,39) y Clavela (120,54) como variedades moderadamente resistentes. Los efectos principales de alerta temprana redujeron significativamente ( $p<0,0001$ ) el daño foliar y ABCPE del cultivo. Esta última se redujo en un 64,5% en relación al sistema sin alerta.

## Introducción

La papa es el tercer cultivo más importante en Chile, con una producción de 8.310.197qmq, una superficie plantada de 53.779,51ha y un rendimiento nacional promedio de 15,45t·ha<sup>-1</sup>, siendo cultivada por 58.551 agricultores (INE, 2007). Las principales áreas de producción se concentran en el sur del país, en las regiones de La Araucanía y de Los Lagos con 14.029 y 11.154ha y producciones de 212.351t y 213.268t, respectivamente.

El tizón tardío, causado por el oomicete *Phytophthora infestans* Mont. De Bary,

es una de las enfermedades más importantes de la papa (Hijmans *et al.*, 2000), llegando a destruir totalmente la plantación en poco tiempo, razón por la cual se considera el problema más serio para su producción a nivel mundial. Es un enemigo de difícil manejo debido a su diversidad poblacional (Fry, 2008). Durante muchos años se ha trabajado en la obtención de cultivares resistentes, aunque en la mayoría de los casos esta resistencia es vencida al cabo de 2-3 años (Estrada *et al.*, 1994), por el surgimiento de aislamientos cada vez más agresivos. En este sentido, las especies silvestres son

utilizadas como fuente de resistencia para el mejoramiento de la papa (Andrison *et al.*, 2003). En la actualidad se reconoce la existencia de resistencia vertical y horizontal. La primera se caracteriza por desencadenar una respuesta de hipersensibilidad en forma de pequeñas lesiones necróticas y se denomina resistencia específica, cualitativa o completa (Pérez y Forbes, 2008). La resistencia horizontal, conocida también como resistencia cuantitativa o de campo, está gobernada por genes menores (r) y por otros factores como ciertas características de la planta, tales como el grosor de la

cutícula de la hoja y/o la presencia de sustancias que inhiben el desarrollo del patógeno, la duración del período de latencia, etc. (Micheletto *et al.*, 2000). Además, Colon *et al.* (1995) indican que la resistencia horizontal se presenta de distintas maneras, como lo son barreras fisiológicas o químicas en los tejidos del huésped, que dilatan el rango y la frecuencia de penetración y reproducción del oomiceto. Las plantas que tienen este tipo de resistencia se infectan en el campo, pero los daños y el porcentaje del área infectada son mucho menores que en plantas susceptibles. Por otra parte, Mi-

## PALABRAS CLAVE / Germoplasma nativo / *Phytophthora infestans* / Pronosticador /

Recibido: 19/07/2010. Modificado: 06/07/2011. Aceptado: 07/07/2011.

**Jaime Solano Solís.** Ingeniero Agrónomo, M.Sc. y Dr. en Recursos Genéticos y Mejoramiento de Plantas, AgroParis-Tech, Francia. Investigador, Universidad Católica de Temuco

(UCTemuco), Chile. Dirección: Rudecindo Ortega 02950, Casilla 15-D, Temuco, Chile. e-mail:jsolano@uct.cl.  
**Ivette Acuña Bravo.** Ingeniera Agrónoma, Ph.D. en Patología

Vegetal, Montana State University, EEUU. Investigadora, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Remehue, Osorno, Chile.

**Patricio Diéguez San Martín.** Ingeniero Agrónomo, UCTemuco, Chile.

**Daniza Morales Ulloa.** Ingeniero Agrónomo, UCTemuco, Chile.

## RESPONSE OF POTATO'S NATIVE VARIETIES AND COMMERCIAL CULTIVARS (*Solanum tuberosum* L.) TO NATURAL INFECTIONS OF LATE BLIGHT USING AN EARLY WARNING SYSTEM

Jaime Solano Solís, Ivette Acuña Bravo, Patricio Diéguez San Martín and Daniza Morales Ulloa

### SUMMARY

*Phytophthora infestans* Mont. de Bary, causes one of the most important diseases in potato (*Solanum tuberosum* L.). Since the last decade, repeated years of 'blight' affecting many varieties and cultivars have been observed in Chile. This has led to the validation of different early warning systems, the Blitecast model being one of the most efficient. The aim of this study was to assess the response of native varieties and commercial cultivars of potato to natural infections of late blight, managed on the basis of early warning system. During the 2006/2007 season, a study was conducted with a split plot design with four replications and factorial arrangement of treatments, with seven genotypes and two early warning systems as study factors. Native varieties used were Michuñe azul and

Clavela and cultivars Desirée, Yagana, Karu, Pukará and Cardinal. The early warning systems assessed were the Blitecast model and a witness without chemicals, as a decision tool to apply chemical control. No interaction effects were observed in the study ( $p > 0.05$ ). The leaf damage and area under the curve of disease progress (AUDPC) were significantly lower ( $p \leq 0.05$ ) in cv. Cardinal than cv. Desirée, in coincidence with the official description of both cultivars. The AUDPC ranked Michuñe azul (119.39) and Clavela (120.54) as moderately resistant varieties. The main effects of an early warning system reduced significantly ( $p < 0.0001$ ) the AUDPC and leaf damage of the crop. The latter was reduced by 64.5% when compared with the system without early warning.

## COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES NATIVAS E COMERCIAIS DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.) A INFECCÕES NATURAIS DE *Phytophthora infestans* MANEJADAS COM BASE NO SISTEMA DE ALERTA ANTICIPADO

Jaime Solano Solís, Ivette Acuña Bravo, Patricio Diéguez San Martín e Daniza Morales Ulloa

### RESUMO

Mundialmente *Phytophthora infestans* Mont. de Bary, causa uma das doenças mais importantes na batata (*Solanum tuberosum* L.). No Chile, a partir da última década se reiteraram anos de *P. infestans*, afetando muitas variedades e cultivares. Isto motivou a validação de diferentes sistemas de alerta antecipado determinando-se o modelo Blitecast como o mais eficiente. O objetivo do presente estudo foi avaliar o comportamento de variedades nativas e cultivares comerciais de batata a infecções naturais de *P. infestans*, manejados em base a um sistema de alerta antecipado. Durante a temporada 2006/2007 se estabeleceu um ensaio de campo em parcelas divididas com quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a um arranjo fatorial 7x2, com sete materiais de batata e dois sistemas de alerta antecipado. As variedades nativas utilizadas

foram Michuñe azul e Clavela, e os cultivares Desirée, Yagana, Karu, Pukará e Cardinal. Os sistemas de alerta corresponderam a um manejo químico usando como base o modelo Blitecast e uma testemunha sem manejo químico. Não se observaram efeitos de interação no estudo ( $p > 0,05$ ). O cultivo Cardinal apresentou dano foliar e área sob a curva de progresso da doença (ABCPE) significativamente menor ( $p \leq 0,05$ ) que Desirée, coincidindo com a descrição oficial de ambos os cultivares. O ABCPE classificou a Michuñe azul (119,39) e Clavela (120,54) como variedades moderadamente resistentes. Os efeitos principais de alerta antecipado reduziram significativamente ( $p < 0,0001$ ) o dano foliar e ABCPE do cultivo. Esta última se reduziu em 64,5% em relação ao sistema sem uso de alerta.

cheletto *et al.* (2000) señalan que la resistencia cuantitativa a tizón tardío incorporada en materiales mejorados de *Solanum tuberosum* ha sido escasa.

En Chile, la enfermedad se reporta por primera vez con la epifitía de la década del 50, con pérdidas significativas de la producción. Durante la última década en el sur del país se han repetido años de tizón, con gran agresividad en las plantaciones y pérdidas superiores al 50% de la producción, provocando

que gran parte de las variedades nativas y cultivares comerciales actualmente en cultivo se vean afectadas en diverso grado. Lo anterior se explicaría por cambios en las poblaciones de *P. infestans* hacia formas más agresivas, producto de cepas resistentes a metalaxil, mutaciones, recombinaciones asexuales (Pérez *et al.*, 2001; Páez *et al.*, 2005), aplicaciones incorrectas de fungicidas o condiciones más favorables del ambiente, como en África (McLeod *et al.*, 2001). En

Chile, Acuña *et al.* (2009) determinaron que las poblaciones de *P. infestans* son del tipo de apareamiento A1 que, no obstante, han experimentado cambios genéticos a genotipos altamente resistentes a metalaxil, y patotipos complejos con presencia de entre nueve y diez genes de virulencia.

Habitualmente, el control de la enfermedad se realiza utilizando fungicidas de contacto como 'mancozeb' y fungicidas sistémicos como 'dimetomorf' y 'metalaxil'.

Este último es de acción curativa y de gran efectividad sobre oomicetos (Latorre, 1995); sin embargo, el uso indiscriminado de este fungicida ha favorecido la presencia de aislamientos con resistencia (Riveros *et al.*, 2003), elevando notablemente los costos de producción, y dañando el medioambiente y la salud de los agricultores (Carrasco *et al.*, 1997). Por lo anterior, uno de los principales problemas asociados al manejo del tizón tardío es determinar el tiempo adecua-

do para aplicar los fungicidas (Acuña *et al.*, 2007). En los países desarrollados se han ideado sistemas sofisticados para ir en ayuda de los agricultores. Raposo *et al.* (1993), Johnson *et al.* (1998) y Gudmestad (2003) han desarrollado modelos epidemiológicos que buscan explicar y predecir la ocurrencia de la epidemia con el fin de determinar el momento oportuno para la aplicación de medidas de control. Casi todos los modelos se basan en la utilización de diferentes indicadores climáticos, tales como humedad relativa, temperatura y precipitación, para predecir la aparición de la enfermedad y determinar la época cuando debe iniciarse la aplicación de fungicidas. Así, el sistema de pronóstico para la sincronización de los usos del fungicida representa una herramienta muy útil para reducir las aplicaciones (Hermansen *et al.*, 1996). En Chile, el uso de sistemas de alerta temprana es reciente y se remonta al período 2003/04-2006/07, con la validación de diferentes modelos de predicción (*Blitecast*, *Neg-fry* y *Dacom Plant Plus*). Los resultados indican que el modelo más eficiente para el sur de Chile es *Blitecast* (Acuña *et al.*, 2007), dado que permitió reducir en 40 y 15% el número de aplicaciones en cultivos de secano y riego, respectivamente. Actualmente se implementa utilizando una red de estaciones meteorológicas automáticas distribuidas a través de las principales zonas productivas de papa (Bravo *et al.*, 2008).

El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de diferentes variedades nativas y cultivares comerciales de papa ante infecciones naturales de tizón tardío, manejados en base a un sistema de alerta temprana recientemente validado (*Blitecast*), considerando los efectos sobre el daño foliar y el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE).

TABLA I  
EFECTOS PRINCIPALES DE VARIEDADES NATIVAS Y CULTIVARES SOBRE EL ÍNDICE DE DAÑO FOLIAR Y ABCPE

Variedades nativas y cultivares comerciales	Valores en escala CIP				ABCPE
	82 dds	88 dds	91 dds	97 dds	
Clavela	1,43 ab	1,56 a	2,34 ab	4,48 a	120,54 abc
Cardinal	1,21 d	1,29 c	1,76 b	3,99 a	85,56 c
Desirée	1,46 a	1,45 abc	2,91 a	3,93 a	146,85 a
Michuñe azul	1,28 cd	1,36 bc	2,3 ab	3,81 a	119,39 abc
Pukará	1,28 cd	1,5 ab	2,46 ab	3,68 a	111,13 abc
Karu	1,34 bc	1,33 bc	2,38 ab	4,77 a	98,74 bc
Yagana	1,41 ab	1,58 a	2,48 ab	4,16 a	130,86 ab

dds: días después de siembra. Valores del índice promedio según escala CIP, donde 1= no daño y 9= 100% de follaje dañado; valores con igual letra no difieren significativamente entre sí según prueba de Duncan ( $p>0,05$ ).

### Materiales y Métodos

En la localidad de Pillanlelbún (38°39'2,21"S, 72°27'3,4"O), km 14 Noreste de Temuco, Región de La Araucanía, Sur de Chile, se estableció un ensayo de campo durante la temporada agrícola 2006/07. La plantación se efectuó el 17/10/2006. Para la fertilización del cultivo se utilizó la mezcla papa 11:30:11 (N:P:K) en dosis equivalente a 1300kg·ha<sup>-1</sup>. El diseño experimental fue de parcelas divididas con cuatro repeticiones, evaluándose 10 plantas por cada unidad experimental. Los tratamientos se ordenaron en un arreglo factorial 7×2, con siete materiales de papa y dos sistemas de alerta temprana. Las variedades nativas de papa fueron Michuñe azul y Clavela, la primera por ser de alto interés comercial y la segunda por corresponder a una variedad muy difundida entre los campesinos de la Isla Grande de Chiloé. Los cultivares comerciales utilizados fueron Desirée, Yagana, Karú, Pukará y Cardinal. Los niveles de resistencia oficial de ellos son: Desirée, moderadamente susceptible; Yagana, moderadamente resistente; Karú, moderadamente resistente; Pukará, resistente y Cardinal, resistente. El cultivar Desirée fue considerado como estándar. Los sistemas de alerta correspondieron a un manejo químico con uso de alerta temprana

en base al modelo *Blitecast* y un testigo sin manejo químico. Para el primero, el control químico consistió en una aplicación preventiva al cierre de hileras (18/12/2006) y dos aplicaciones de fungicidas de acuerdo al sistema de alerta temprana (03/01/2007 y 24/01/2007). El fungicida utilizado al cierre de hileras fue mancozeb (2,0kg·ha<sup>-1</sup>), mientras que el utilizado al follaje fue clorotalonil (1,5l·ha<sup>-1</sup>). El sistema sin alerta temprana fue manejado sin aplicaciones químicas debido a que representa la forma tradicional de manejo del cultivo especialmente en la agricultura familiar campesina en la Isla Grande de Chiloé. Habitualmente los campesinos establecen diferentes variedades de papa en mezcla, lo que localmente se denomina 'plantaciones en Chahuen', a fin de reducir el grado de incidencia de la enfermedad.

Los datos climáticos fueron registrados por una estación meteorológica marca HOB0. Las alertas fueron emitidas desde la central de procesamiento de datos meteorológicos para tizón tardío instalada en el Centro Regional de Investigaciones CRI-Remehue, Osorno, Chile. Se evaluó el grado de severidad de *P. infestans* siguiendo la metodología descrita por Henfling (1987). Para cada variedad y cultivar se estimó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE; Forbes

y Korva, 1994). Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza considerando los efectos principales y de interacción entre ambos factores. Los valores medios se compararon a través del estadístico de Duncan ( $p\leq 0,05$ ) utilizando el programa estadístico SPSS versión 15.0 para Windows (SPSS, 2006).

### Resultados y Discusión

Los efectos principales de variedades y cultivares indicaron la presencia de diferencias significativas ( $p\leq 0,05$ ) en valores de daño foliar en la escala del CIP (Centro Internacional de la Papa) y en el ABCPE (Tabla I). A los 82 y 91 días de cultivo, el cultivar Cardinal presentó el menor daño foliar, significativamente inferior al de Desirée. Lo anterior se relaciona directamente con los niveles de resistencia oficial descritos, donde Cardinal se clasifica como cultivar resistente, mientras que Desirée se clasifica como moderadamente susceptible. Con respecto al material nativo, Michuñe azul mostró un comportamiento intermedio, con niveles de daño foliar similar al material moderadamente resistente incluido en el estudio. La mayor diferencia en el daño foliar entre los materiales se presentaron a fines de enero. Destaca el daño alcanzado por Desirée, que en promedio fue del 10% con presencia de lesiones en cantidades superiores a los 20 folíolos por planta. La menor ABCPE se observó en el cultivar Cardinal, mientras que la mayor la presentó Desirée. Esto coincide con los daños foliares observados y se relaciona directamente con los niveles de resistencia oficial. Los valores de área bajo la curva observada fueron de 85,56; 98,74; 111,13; 130,86 y 148,65 para Cardinal, Karu, Pukará, Yagana y Desirée, respectivamente. Por otra parte, el ABCPE clasificó a las variedades nativas Michuñe azul y Clavela como moderadamente resistente, con

valores de 119,39 y 120,54 respectivamente.

Los resultados coinciden con los de Acuña *et al.* (2007), quienes reportan que muchos cultivares son susceptibles al tizón tardío, y cuando son plantados bajo una misma condición climática presentan diferente grado de susceptibilidad. Evaluaciones de 31 genotipos en cuatro temporadas, en diferentes localidades del sur de Chile, muestran como cultivares resistentes a Amadeus y Pehuenche, con ABCPE de 200 y 600, respectivamente. Además, los cultivares Desirée, Cardinal, Karu, Pukará, y Yagana presentaron una resistencia moderada, con ABCPE de 800, 1000, 1020, 1100 y 1400, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los estudios sobre 31 genotipos bolivianos de Gabriel *et al.* (2004), quienes reportaron altos niveles de resistencia en campo, señalando valores de ABCPE con intervalos de 201-1209, para Chota ñawi, Jaspe, Yema de huevo, Robusta, Cordillera e India usado como testigo. Similares resultados fueron encontrados por Lucca *et al.* (2008) en 14 genotipos de *S. tarijense*, uno de *S. gourlayi*, nueve de *S. andigena* y dos de *S. tuberosum*, que indican diferencias significativas entre los genotipos en el ABCPE parcial y final. Los genotipos de *S. tarijense* con los mayores valores fueron Oka-5880.22 y Hof-1717.10 con áreas totales de 1780,83 y 1749,00, respectivamente.

Gabriel *et al.* (2007), caracterizando la resistencia de 32 cultivares locales de papa en Bolivia, encontraron amplia variabilidad en el ABCPE. La resistencia entre los cultivares varió desde extremadamente susceptible como Bol-3739 con ABCPE de 4350, hasta altamente resistente como Bol-3147 con ABCPE de 235 y Bol-2835 con ABCPE de 273. El ABCPE de las accesiones pertenecientes a *S. stenotomum* osciló de 4350 a 1562, mien-

TABLA II  
EFECTOS PRINCIPALES DE EMISIÓN DE ALERTAS TEMPRANAS SOBRE EL ÍNDICE DE DAÑO FOLIAR Y ABCPE

Evaluaciones	Sin alerta temprana	Con alerta temprana
	Valores en escala CIP	
08-12/01/2007	1,48 a	1,21 b
15-19/01/2007	1,49 a	1,39 b
22-26/01/2007	2,79 a	1,96 b
29/01-02/02/2007	5,10 a	3,08 b
	ABCPE	
	171,53 a	60,77 b

dds: días después de siembra. Valores del índice promedio según escala CIP, donde 1= no daño y 9= 100% de follaje dañado; valores con igual letra entre filas no difieren significativamente entre sí según prueba de Duncan ( $p>0,05$ ).

tras que las pertenecientes a *S. andigena* lo hicieron de 2836 a 235. Además, los resultados obtenidos coinciden con la amplia variabilidad en el ABCPE observada por Micheletto *et al.* (2000) en diferentes especies silvestres de papa. Destacan los altos niveles de resistencia encontrados en *S. chacoense*, donde en promedio el ABCPE fue significativamente inferior al de las otras diploides incluidas en el estudio. En base a estos resultados, Gabriel *et al.* (2007) sugieren que la resistencia observada en los cultivares locales de Bolivia es de tipo cuantitativa, dado el amplio rango de variación de este parámetro. No obstante lo anterior, esta expresión no es suficiente para descartar la presencia de genes R. Swiezynski *et al.* (2000) mencionan que los síntomas de resistencia de campo son difíciles de separar de los de genes R con resistencia incompleta. Evidencias de la naturaleza poligénica de la resistencia e indicios de la presencia de efectos aditivos y de interacción ya fueron advertidos por Micheletto *et al.* (2000). Este sería el caso de las variedades y cultivares aquí estudiados, por cuanto en todas ellas se pudo observar gran variación del ABCPE.

Los efectos principales de emisión de alerta temprana indicaron la presencia de diferencias significativas para ambos parámetros. En

la Tabla II se aprecia que para todos los periodos evaluados los valores escala del CIP fueron menores cuando las decisiones de proteger al cultivo se tomaron en función de las alertas tempranas. En efecto, el daño foliar, en el sistema manejado sin alerta, creció hasta alcanzar un valor de 5,10 mientras que en el cultivo con alerta sólo alcanzó 3,08. En términos de daño, significó pasar de ~50% del área foliar destruida y todas las plantas afectadas a no más de 20 foliolos con lesiones por planta.

En relación al ABCPE la tendencia es similar y el uso de la alerta temprana permitió reducir en un 64,5% el área bajo la curva afectada pasando de 171,53 a 60,77. Cabe señalar que para la primera y segunda fecha de evaluación (Tabla II), las diferencias observadas entre ambos sistemas, son imputables a la protección del cultivo proporcionada por la aplicación al cierre de las hileras (mancozeb) y la emisión de la primera alarma (clorotalonil), mientras que para la tercera y cuarta fecha de evaluación las diferencias son atribuibles al control realizado al cierre de hilera y la emisión de la primera y segunda alarma. La utilización del sistema de alerta temprana permitió realizar aplicaciones preventivas, anticipándose a los efectos de la enfermedad. En

este sentido, Hausladen (2006) indica que es necesario iniciar oportunamente las aplicaciones antes de la aparición de los primeros síntomas. Los resultados obtenidos coinciden con los presentados por Acuña *et al.* (2007) y Flores *et al.* (2008). Por su parte, Morales (2001) reportó que las variedades varían significativamente entre sí en la supresión de infección por el tizón tardío por efecto de la aplicación del fungicida. Mancozeb controla eficientemente el tizón tardío por ser un producto de contacto que actúa en forma preventiva, inhibiendo la germinación y penetración de las esporas, que además tiene persistencia en las hojas y resiste la lluvia. Debido a esto, los modelos de predicción de la enfermedad pueden ser incluidos en los sistemas de apoyo en la toma de decisiones de los productores (Henshall y Beresford, 2004), ya que pronostican la fecha inicial de aplicación de fungicidas (Gudmestad, 2003). Paralelo, es necesario iniciar oportunamente las aplicaciones, antes de la aparición de los primeros síntomas (Apel *et al.*, 2003). Sin embargo, el control con aplicaciones excesivas, puede ser dañino para el medio ambiente (Huarte y Capezio, 2003); por esta razón, los modelos computarizados en base al uso de pronosticadores pasan a ser una herramienta importante para planificar las aplicaciones de fungicidas oportunas (Taylor *et al.*, 2003).

Los efectos de interacción entre variedades y cultivares por sistema de alerta (Tabla III) sobre el ABCPE muestran ausencia de interacción entre ambos factores ( $p=0,082$ ). Lo anterior indica que la utilización de un sistema de emisión de alerta temprana para el control de la enfermedad es recomendable, independientemente de la variedad o cultivar utilizado. No obstante, el daño foliar es significativamente

TABLA III  
EFECTOS DE INTERACCIÓN DE CULTIVARES Y VARIEDADES POR SISTEMA DE EMISIÓN DE ALERTAS TEMPRANAS SOBRE EL ABCPE

Sistema de alerta temprana	Variedades nativas y cultivares comerciales						
	Clavela	Cardinal	Desirée	M. azul	Pukará	Karu	Yagana
Sin	162,71 a	131,25 a	233,53 a	158,86 a	158,07 a	145,64 a	210,71 a
Con	78,38 a	39,88 a	60,18 a	79,93 a	64,20 a	51,85 a	51,03 a

Valores con igual letra no difieren significativamente entre sí según prueba de Duncan ( $p > 0,05$ ).

menor cuando el cultivo es protegido. De allí la necesidad de efectuar aplicaciones oportunas de fungicida, antes de la aparición de los primeros síntomas, cuando el sistema pronosticador emite las primeras alertas.

Por otra parte, para sistemas de producción menos tecnificados donde no se tiene acceso a sistemas de alerta ni a fungicidas, como sería el caso de pequeños agricultores pertenecientes a los estratos de la agricultura familiar, es necesario considerar los niveles de resistencia disponibles en los diferentes materiales de papa, toda vez que desde un punto de vista económico y ambiental es deseable el uso de cultivares con mayores niveles de resistencia genética a la enfermedad. Ello permitirá diseñar prácticas culturales que no generen resistencia ni cambios en las poblaciones del patógeno (McLeod et al., 2001).

### Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que para el ABCPE existieron diferencias significativas entre las variedades nativas y los cultivares comerciales estudiados. La menor área se observó en los cultivares comerciales Cardinal y Karu, mientras que la mayor se observó en el cultivar comercial Desirée. Esto coincide con los niveles de resistencia oficialmente descritos para cada uno de ellos.

El ABCPE clasificó a las variedades nativas Michuñe azul y Clavela como moderadamente resistentes a la enfermedad. Esta información

es muy relevante a la hora de diseñar estrategias de manejo integrado para la agricultura familiar campesina, debido a que tradicionalmente se establecen variedades resistentes y susceptibles en mezcla, con el objetivo de reducir los niveles de incidencia de *Phytophthora infestans*.

Finalmente, el uso del sistema de alerta temprana para el control químico del tizón tardío permitió reducir la infección en las variedades nativas y cultivares mejorados, controlando la enfermedad antes de la aparición de los primeros síntomas.

### REFERENCIAS

Acuña I, Sagredo B, Bravo R, Gutiérrez M, Maldonado I, Gaete N, Inostroza J, Secor G, Rivera V, Kalazich J, Solano J, Rojas J (2007) Using a forecasting system to develop integrated pest management strategies for control of late blight in southern Chile. En Schepers H (Ed.) *Proc. Tenth Workshop European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight*. Appl. Plant Res. Italy. Pp. 237-250.

Acuña I, Sagredo B, Gutiérrez M, Secor G, Rivera V, Espinoza A, Mancilla S (2009) Caracterización de *Phytophthora infestans* en Chile y determinación de sus cambios poblacionales. En *VII Simp. Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe*. 28-30/10/2009. INIA, Ministerio de Agricultura. Pucón, Chile. pp. 111-112.

Andrison D, Corbière R, Lucas JM, Pasco C, Gravouelle JM, Pellé R, Dantec JP, Ellissèche D (2003) Resistance to late blight and soft rot in six potato progenies and glycoalkaloid contents in the tubers. *Am. J. Potato Res.* 80: 125-134.

Apel H, Paudyal MS, Richter O (2003) Evaluation of treatment strategies of the late blight *Phytophthora infestans* in Nepal by population dynamics

modeling. *Env. Modell. Softw.* 18: 355-364.

Bravo R, Acuña I, Maldonado I, Gaete N, Godoy R, Barrientos C (2008) Implementación de una red agrometeorológica para la alerta temprana de tizón tardío. En *XXIII Cong. Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP) y VI Sem. Latinoamericano de Uso y Comercialización de la Papa*. Mar del Plata, Argentina. 30/11-05/12/2008. ALAP. Mar del Plata, Argentina. pp. 229-230.

Carrasco E, Estrada N, Gabriel J, Alfaro G, Larondelle Y, García W, Quiroga O (1997) Seis cultivares potenciales de papa con resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en Bolivia. *Rev. Lat. Papa* 9: 106-122.

Colon L, Budding D, Keizer L, Pieters M (1995) Components of resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in eight South American *Solanum* species. *Eur. J. Plant Pathol.* 101: 441-456.

Estrada RN, Fernández-Northcote E, Carrasco E, Navia O (1994) Mejoramiento genético para resistencia a enfermedades y plagas de la papa en Bolivia. En Broers LHM (Ed.) *Mem. 1er Taller Resistencia Duradera en Cultivos Alto Andinos de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú*. 30/05-03/06/1994. INIAP-WAU-DGIS. Quito, Ecuador. Pp. 86-89.

Flores P, Lerdon J, Bravo R, Acuña I (2008) Factibilidad de implementar pronosticadores automatizados para controlar el tizón tardío de la papa en el Sur de Chile. *Agro Sur* 36: 36-42.

Forbes GA, Korva JT (1994) The effect of using a Horsfall-Barratt scale on precision and accuracy of visual estimation of potato late blight severity in the field. *Plant Pathol.* 43: 675-682.

Fry W (2008) *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. *Mol. Plant Pathol.* 9: 385-402.

Gabriel J, Forquada G, Fernández E (2004) Germoplasma Europeo y Latinoamericano de papa evaluado por su resistencia durable al

tizón bajo las condiciones de Bolivia. [www.uach.cl/alap2004/ Presentaciones%20Orales%20por%20Tema/03Genetica%20y%20Mejoramiento/30Genetica%20y%20mejoramiento%2048\\_71%20y%20135.pdf](http://www.uach.cl/alap2004/Presentaciones%20Orales%20por%20Tema/03Genetica%20y%20Mejoramiento/30Genetica%20y%20mejoramiento%2048_71%20y%20135.pdf). (Cons. 05/05/2010).

Gabriel J, Coca A, Plata G, Parlevliet J (2007) Characterization of the resistance to *Phytophthora infestans* in local potato cultivars in Bolivia. *Euphytica* 153: 321-328.

Gudmestad N (2003) Forecasting late blight and fungicide application technology. Potato late blight Workshop. [www.apnet.org/online/proceedings/lateblite/papers/lb005.htm](http://www.apnet.org/online/proceedings/lateblite/papers/lb005.htm). (Cons. 17/09/2008).

Hausladen H (2006) *Phytophthora infestans*: un patógeno de importancia. *Correo Bayer Crop Sci.* 2: 10-15.

Henfling JW (1987) El tizón tardío de la papa: *Phytophthora infestans*. En *Boletín de Información Técnica N° 4*. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. pp. 4-24.

Henshall WR, Beresford RM (2004) Adaptation of potato late blight prediction models for New Zealand. *N. Zeal. Plant Protect.* 57: 25-29.

Hermansen A, Hannukkala A, Naerstad RH, Brurberg MB (1996) Variation in populations of *Phytophthora infestans* in Finland and Norway: mating type, metalaxyl resistance and virulence phenotype. *Plant Pathol.* 49: 11-22.

Hijmans R, Forbes G, Walter T (2000) Estimating the global severity of potato late blight with GIS-linked disease forecast models. *Plant Pathol.* 49: 697-705.

Huarte M, Capezio S (2003) Niveles de disponibilidad de resistencia al tizón tardío. *IDIA XXI* 3: 101-105.

INE (2007) VII Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadística. [www.censoagropecuario.cl/noticias/08/6/10062008.html](http://www.censoagropecuario.cl/noticias/08/6/10062008.html) (Cons. 03/05/2010).

Johnson D, Alldredge R, Hamm P (1998) Expansion of potato late blight forecasting models for the Columbia basin of Washington and Oregon. *Plant Dis.* 82: 642-645.

Latorre B (1995) *Enfermedades de las Plantas Cultivadas*. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 628 pp.

Lucca F, Bedogni C, Cicori P, Huarte M, Capezio S (2008) Comportamiento de genotipos de *Solanum tarijense*, *S. Gourlayi* y *S. tuberosum* ssp. *andii*

- gena frente al tizón tardío en el SE bonaerense argentino. En Ritter E, Ruiz JI (Eds.). *Avances en Ciencia y Desarrollo de la Patata para una Agricultura Sostenible*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz, Euskadi, España. pp 49-51.
- McLeod A, Denman S, Sadie A, Denner F (2001) Characterization of South African isolates of *Phytophthora infestans*. *Plant Dis.* 85: 287-291.
- Micheletto S, Boland R, Huarte M (2000) Argentinian wild diploid *Solanum* species as sources of quantitative late blight resistance. *Theor. Appl. Genet.* 101: 902-906.
- Morales R (2001) Frecuencia de aplicaciones del fungicida clorotalonil 82,5 para el manejo de *Phytophthora infestans* en tres variedades de papa. *Rev. Latinoam. Papa* 12: 49-56.
- Páez O, Valverde R, Gómez L, Brenes A (2005) Diversidad genética de aislamientos de *Phytophthora infestans* en plantaciones de papa en Costa Rica con el uso de RAPDs. *Agron. Costarric.* 29: 41-55.
- Pérez W, Forbes G (2008) *Manual Técnico: el Tizón Tardío de la Papa*. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 39 pp.
- Pérez W, Gamboa S, Falcón Y, Coca M, Raymundo R, Nelson R (2001) Genetic structure of Peruvian populations of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 91: 956-965.
- Raposo R, Wilks D, Fry W (1993) Evaluation of potato late blight forecast modified to include weather forecast: a simulation analysis. *Phytopathology* 83: 103-108.
- Riveros F, Sotomayor R, Rivera V, Secor G, Espinoza B (2003) Resistencia de *Phytophthora infestans* (Montagne) de Bary a metalaxil, en cultivo de papas en el Norte de Chile. *Agric. Téc.* 63: 117-124.
- SPSS (2006) *SPSS Base 15.0 User's Guide*. SPSS Inc. Chicago, IL, EEUU. 591 pp.
- Swiezynski KM, Domanski L, Zarzycka H, Zimnoch-Guzowska E (2000) The reaction of potato differentials to *Phytophthora infestans* isolates collected in nature. *Plant Breed* 119: 119-126.
- Taylor MC, Hardwick NV, Bradshaw NJ, Hall AM (2003) Relative performance of five forecasting schemes for potato late blight (*Phytophthora infestans*) I. Accuracy of infection warnings and reduction of unnecessary, theoretical, fungicide applications. *Crop Protect.* 22: 275-283.