

ADAPTACIÓN POR RESISTENCIA AL TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans* Mont. De By) DE GENOTIPOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN TOLUCA, MÉXICO

G. Romero-Montes¹; H. Lozoya-Saldaña^{2,3}; A. Hernández-Vilchis³

¹Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. Correo-e: lozoya@taurus1.chapingo.mx (*Autor responsable)

³Programa Internacional Cooperativo del Tizón Tardío de la Papa (PICTIPAPA), Apartado Postal 3-12, Metepec, Estado de México. C. P. 52176.

RESUMEN

A fin de acelerar la introducción de nuevos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) con resistencia durable al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. De By) y dentro del marco de ensayos internacionales uniformes de campo, durante el verano de 1999 se sembraron en el valle de Toluca 25 cultivares de papa en lotes con y sin fungicidas. En parcelas con protección química, la severidad final de la enfermedad osciló entre 5 y 15 % ('Norteña' y 'Pampeana'-INTA, respectivamente) sin diferencia estadística en este parámetro, aunque sí la hubo entre genotipos al comparar el área bajo la curva de progreso de la enfermedad, como evidencia de la presencia del oomiceto a pesar de la aplicación de fungicidas. El rendimiento de tubérculo promedió entre 1200 g por planta para el cv. Stirling, y 100 g por planta para 'Monserate', con diferencia estadística entre cultivares. En parcelas sin fungicida, la menor severidad final de la enfermedad (22 a 27 %) se presentó en 'Norteña', 'LBr-20', 'Cruza-148' e 'Idiafrit', mientras que 'Pampeana'-INTA, 'Teena' y 'Bionta' finalizaron con un 90 a 100 %. El cultivar Stirling, con 53 % de severidad final, resultó con el mayor rendimiento sin fungicidas (933 g por planta), seguida por 'Norteña' (22 % de infección, 675 g por planta) y 'Rosita' (38 % de infección y 418 g por planta). El resto de los materiales rindió menos de 350 g por planta, sin observarse una relación directa entre el grado de severidad de la enfermedad y el rendimiento de tubérculo. Esto es, los genotipos resistentes a la enfermedad no necesariamente fueron los más rendidores.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Mejoramiento genético, rendimiento, ensayos internacionales.

ADAPTATION AND RESISTANCE TO LATE BLIGHT (*Phytophthora infestans* Mont. De By) OF POTATO (*Solanum tuberosum* L.) GENOTYPES IN TOLUCA, MEXICO

SUMMARY

In order to accelerate the introduction of new potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) with durable resistance to late blight (*Phytophthora infestans* Mont. De By), and within the framework of standard international field trials, in the summer of 1999 twenty five potato cultivars were planted in plots with and without fungicides in the Valley of Toluca, México. Plots without chemical protection against the disease showed final disease severities ranging from 5 to 15 % ('Norteña' and 'Pampeana'-INTA, respectively) with no statistical differences in this parameter. There were differences among genotypes, though, when comparing the area under the disease progress curve. This provided evidence for the presence of the oomycete in spite of fungicide spraying. Tuber yields averaged 1200 g per plant for the highest yielding cultivar Stirling, and 100 g per plant for 'Monserate'; there were statistical differences among genotypes. In plots without fungicides the least disease severity (22 to 27 %) was observed in 'Norteña', 'LBr-20', 'Cruza-148', and 'Idiafrit'. On the other hand, the highest incidences (90 to 100 %) occurred in 'Pampeana'-INTA, 'Teena', and 'Bionta'. 'Stirling', with 53 % final foliar infection, produced the highest yields (933 g per plant) in plots without fungicide, followed by 'Norteña' (22 % infection, 675 g per plant), and 'Rosita' (38 % infection, 418 g per plant). The rest of the materials yielded less than 350 g per plant, and no direct relationship was detected between degree of disease severity and tuber yield. That is, genotypes resistant to the disease did not necessarily yield the most.

ADDITIONAL KEY WORDS: plant breeding, yield, international trials.

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento humano, después

del trigo, el maíz y el arroz, contándose entre los cultivos con mayor producción de calorías, proteínas y otros elementos nutritivos por unidad de superficie (Niederhauser,

1993). Esta solanácea ha sido el principal alimento humano por miles de años en la cordillera andina. De igual manera, en los últimos trescientos años se ha convertido en uno de los cultivos más importantes en Norteamérica y Europa por su valor nutricional, versatilidad de proceso, adaptabilidad y costo relativamente económico de producción (Kolasa, 1993; Masson 1991; Thurston, 1994).

Por cientos de años los agricultores han seleccionado empíricamente sus cultivares de papa y no fue sino hasta después de la hambruna irlandesa que se empezó el mejoramiento genético de una manera científica y ordenada (Dowley, 1995 y Masson, 1991). En México, los ensayos tanto para adaptación como para resistencia genética durable al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. De By) se remontan a la década de 1950, cuando se identificó al valle de Toluca como el lugar ideal para este tipo de evaluaciones, evolucionando el esquema de investigación hacia el establecimiento de programas nacionales e internacionales que perduran a la fecha (Niederhauser, 1956, 1992 y 1993; Flores, 1996).

El presente estudio surge de una iniciativa de dos programas internacionales de investigación en papa, el Programa Internacional Cooperativo del Tizón Tardío de la Papa (PICTIPAPA, México) y el Centro Internacional de la Papa (CIP, Perú), bajo el nombre de Ensayos Internacionales Uniformes de Campo (SIFT, por sus siglas en inglés, Standard International Field Trials), coordinado por el CIP, con el objetivo de identificar clones y cultivares de papa con resistencia genética durable al tizón tardío y adaptadas a las diversas regiones del mundo en donde se estableciera el ensayo, para reducir, en lo posible, los costos adicionales y la dependencia que implican el uso de agroquímicos para el control de la enfermedad. Es deseable que los genotipos sobresalientes evaluados puedan ser llevados a producción de inmediato por los países que así los identifiquen.

A los países interesados se les solicitaron cultivares y clones avanzados con reconocida resistencia al tizón, empezando con no más de 25 introducciones en total, que serían "limpiadas" de patógenos e incrementadas *in vitro* por el CIP, en Perú, para su posterior envío a las regiones de evaluación. Los programas que proporcionaron los genotipos no necesariamente serían los mismos para los ensayos. Así, 17 países aportaron genotipos, pero se están estableciendo las primeras evaluaciones sólo en nueve (México, Perú, Argentina, Ecuador, Kenia, China, Indonesia, Uganda y Etiopía). Se consideraron prioritarios a aquellos genotipos libres o no protegidos intelectualmente, que pudieran ser utilizados sin restricciones, aunque también se tomaron en cuenta líneas y cultivares protegidos cuyos dueños estuvieran dispuestos a negociar arreglos de comercialización en casos particulares sin la mediación del SIFT (Bonierbale y Chujoy, 1999). Considerando que la mayoría de los 25 genotipos de papa anteriormente referidos, fueron probados por primera vez en Toluca, México, este estudio es de

carácter exploratorio y descriptivo, con el objetivo de evaluar su desempeño agronómico y su resistencia durable bajo condiciones de producción local y por comparación en parcelas protegidas y no protegidas con funguicida en la localidad señalada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció bajo condiciones de temporal y de infección natural por el tizón tardío, en las instalaciones de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (SEDAGRO-ICAMEX), en el municipio de Metepec, México, a 2602 msnm, de clima templado, con lluvias en el verano de 850 a 900 mm y poca oscilación térmica también en el verano, de 12 a 20 °C. Estas condiciones, aunadas al hecho de que en el valle existen especies silvestres de *Solanum* como fuentes permanentes de inóculo de *P. infestans*, son ideales para el desarrollo de la enfermedad.

En junio de 1999 se sembraron cinco tubérculos por repetición de cada uno de 25 genotipos entre cultivares y clones avanzados (Cuadro 1), bajo un diseño experimental en bloques completos al azar con un arreglo en parcelas divididas, en donde la parcela grande contenía los tratamientos con y sin funguicida, mientras que las parcelas chicas contenían a los genotipos.

Una parcela grande recibió aspersiones foliares semanales de Mancozeb, 2 kg·ha⁻¹, alternado con Clorotalonil-Metalaxil, 1 kg·ha⁻¹, y la otra no tuvo protección química. Hubo 90 cm de separación entre surcos y 36 cm entre plantas. Cada parcela chica tuvo tres repeticiones, para hacer un total de seis unidades experimentales por material genético. Los bordes de las parcelas se sembraron con el cv. Alpha, como testigo susceptible y fuente continua y cercana de inóculo.

Cada semana se tomaron lecturas visuales del porcentaje de severidad de la enfermedad de acuerdo a la escala del CIP (Henfling, 1987). Con estos datos se obtuvo el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), por sus siglas en inglés, Area Under the Disease Progress Curve, de acuerdo con la siguiente fórmula (Shaner y Finney, 1977):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^n [(X_{t+1} + X_t)/2] (D_{t+1} - D_t)]^n$$

Donde: X es el porcentaje de severidad de la enfermedad a los t días después de la siembra.

X_{t+1} es el porcentaje de severidad de la enfermedad a la siguiente lectura, o a los t+1 días después de la siembra.

(D_{t+1} - D_t) es el número de días transcurridos entre lecturas consecutivas.

CUADRO 1. Origen de los genotipos de papa incluidos en este estudio

Cultivar o Clón	Procedencia	Institución que lo desarrolló
Monserate	Colombia	ICA, Colombia
Teena	Escocia	SCRI, Escocia
Bionta	Austria	Austria Res. Center
Lbr-1	_____	CIP
Floresta	Costa Rica	CIP
Lbr-20	_____	CIP
Amarillis-INIA	Peru	CIP
Lbr-2	_____	CIP
Cruza 148	Burundi	INIFAP, México
Chagllina-INA	Perú	CIP
Ica Zipa	Colombia	CIP
Robijn	Holanda	CPRO-DLO, Holanda
Stirling	Escocia	SCRI, Escocia
Torridon	Escocia	SCRI, Escocia
Danva	Dinamarca	LKF Vandel, Danish Potato Breeding Foundation
Pampeana-INTA	Argentina	INTA, Balcarce, Argentina
Rosita	Mexico	INIFAP, México
Victoria	Pganda, Kenya	CIP
Bzura	Polonia	Mlochow Research Center, Polonia
Canchan-INIA	Perú	CIP
Idiap 92	Panama	CIP
Idiafrit	Panama	CIP
Lbgroux x	_____	_____
Norteña	México	INIFAP, México
Birris	Costa Rica	CIP

Considerando que se desconoce el comportamiento de la mayoría de los genotipos, se cosechó una planta al azar a los 70 días después de la siembra, y 20 días después el resto de los individuos, obteniéndose el rendimiento total y comercial en función de peso de tubérculo por planta. Esta cosecha temprana se utilizó como criterio para identificar genotipos precoces. Se realizaron análisis de varianza, incluyendo prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para los datos AUDPC, rendimiento total y comercial, y porcentaje final de severidad de la enfermedad (SAS Institute, Cary, NC).

Es importante aclarar que la mayoría de los procedimientos seguidos (genotipos, número de plantas, diseño experimental, repeticiones, características a evaluar, fechas de cosechas, etc.) obedecen a acuerdos internacionales entre los investigadores involucrados en el SIFT, a fin de comparar comportamientos de resistencia y rendimientos de los genotipos entre localidades con base en parámetros y variables similares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lote con fungicidas

Las primeras lesiones por tizón tardío en este conjunto

de parcelas se observaron a los 48 días después de la siembra. A los 70 días la severidad fue de 3 al 10 % entre los genotipos evaluados, sin diferencias estadísticas significativas. Al final del ciclo (81 días después de la siembra), el grado de severidad fluctuó entre un 5 % para el cv. Norteña hasta 15 % en 'Pampeana'-INTA, con significancia estadística entre tratamientos para este parámetro. También se encontró diferencia significativa para el AUDPC entre los genotipos en las dos fechas (70 y 90 días desde la siembra, Cuadro 2). Esto indicó que la protección química no es totalmente efectiva, aunque sí lo suficiente como para que los genotipos expresen su potencial de rendimiento en presencia de la enfermedad. De acuerdo a las curvas del progreso de la enfermedad, el bajo grado de severidad final de la enfermedad y la incidencia tardía (5 a 15 %, evidente a los 70 a 75 días, Figura 1) no fueron limitantes para la tuberización.

'Amarillis'-INIA registró mayor rendimiento comercial de tubérculo por planta a los 70 días que a los 90, mientras que 'Idiafrit' no produjo tubérculo en lo absoluto. El resto de los genotipos tuvo incremento en tuberización en ese lapso de tiempo. Para ambas fechas hubo diferencias significativas muy contrastantes en rendimiento comercial, desde nula producción en el cultivar mencionado, hasta más de 1,000 g-planta⁻¹ para 'Bionta' y 'Stirling'. Es importante hacer notar que además de estos dos cultivares, otros cuatro superaron los 500 g-planta⁻¹ de tubérculo ('Floresta', 'Amarillis'-INIA, 'Torridon' y 'Pampeana'-INTA). Esta baja producción fue debida a la cosecha temprana (a los 90 días desde la siembra), pues de acuerdo a observaciones de varios años, hay muchos clones resistentes al tizón tardío que requieren de más tiempo para alcanzar su máximo rendimiento (Lozoya-Saldaña, 1971), a pesar de estudios recientes que muestran lo contrario (Mora-Aguilar, 1998).

En este lote protegido químicamente contra el tizón no se buscó la relación entre la severidad de la enfermedad y el rendimiento, ya que la enfermedad fue eliminada como factor limitante en la producción de tubérculo. El rendimiento es un carácter genéticamente expresable para el cual el uso de fungicidas debería de favorecer su máxima expresión en función de la combinación genotipo-ambiente. Sorpresivamente, los cultivares europeos de día largo 'Stirling', 'Bionta' y 'Torridon' produjeron más tubérculos comerciales (1,200, 1,158 y 750 g-planta⁻¹, respectivamente) que los cultivares locales 'Rosita' y 'Norteña' (342 y 258 g-planta⁻¹), en parte, por la ya mencionada cosecha temprana.

Lote sin fungicidas

Las primeras lesiones por tizón se observaron a los 34 días después de la siembra en 'Rosita' y 'Canchan'-INIA. En 'Rosita' la severidad se mantuvo relativamente baja durante el ciclo (38 %), mientras que en 'Canchan'-INIA se incrementó hasta llegar a un 65 % de severidad final del follaje (Cuadro 3, Figura 2). La incidencia de la enfermedad se observó en todos los genotipos una semana después de empezar a verse

CUADRO 2. Infección foliar, área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) y rendimiento de tubérculo de papa en lotes con fungicida.

Cultivar o Clón	70 Días				90 Días			
	Rendimiento (g·planta ⁻¹)				Rendimiento (g·planta ⁻¹)			
	Severidad Final (%)	AUDPC	Comercial	Número Comercial	Severidad Final (%)	AUDPC	Comercial	Número Comercial
Monserate	5 a ^z	59 e	—	8 ab	7 ab	111.7 h	100 c	38 a
Teena	7 a	79 b	622 abc	15 ab	10 ab	154.2 d	450 bc	188 a
Bionta	5 a	59 f	647 ab	6 ab	7 ab	111.7 h	1158 a	63 a
Lbr-1	3 a	18 v	—	—	7 ab	63.3 o	100 c	25 a
Floresta	3 a	18 y	62 bc	20 ab	7 ab	63.3 o	575 abc	55 a
Amarillis-INIA	5 a	43 o	730 a	17 ab	7 ab	95.8 j	675 abc	25 a
Lbr-2	3 a	18 u	5 c	40 ab	8 ab	70.8 n	250 bc	195 a
Cruza 148	5 a	28 t	—	—	7 ab	80 l	100 c	63 a
Chaglina-INIA	7 a	53 g	—	—	12 ab	135 g	100 c	43 a
Ica Zipa	7 a	53 i	3 c	2 b	12 ab	135 g	150 bc	100 a
Robijn	8 a	46 l	30 bc	3 b	13 ab	143.3 e	295 bc	180 a
Stirling	5 a	28 s	622 abc	3 b	8 ab	87.5 k	1200 a	120 a
Torridon	3 a	34 p	233 abc	11 ab	7 ab	79.2 m	750 abc	93 a
Danva	7 a	53 j	343 abc	2 b	12 ab	135 g	433 bc	100 a
Pampeana INTA	7 a	73 d	693 a	24 ab	15 a	170.8 c	867 abc	108 a
Rosita	5 a	43 n	117 abc	113 a	7 ab	95.8 i	342 bc	185 a
Victoria	5 a	43 m	63 bc	23 ab	8 ab	103.3 i	312 bc	175 a
Bzura	7 a	53 k	423 abc	8 ab	12 ab	135 g	429 bc	170 a
Canchan-INIA	7 a	53 h	2 c	3 b	13 ab	142.5 f	100 c	133 a
Idiap 92	3 a	34 q	23 bc	40 ab	7 ab	79.2 m	425 bc	125 a
Idiafrit	5 a	28 r	—	—	7 ab	80 l	—	105 a
Lbgroup X	10 a	123 a	202 abc	73 ab	13 ab	228.3 a	438 bc	188 a
Norteña	3 a	18 x	227 abc	85 ab	5 b	55.8 p	258 bc	183 a

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P\leq 0.05$

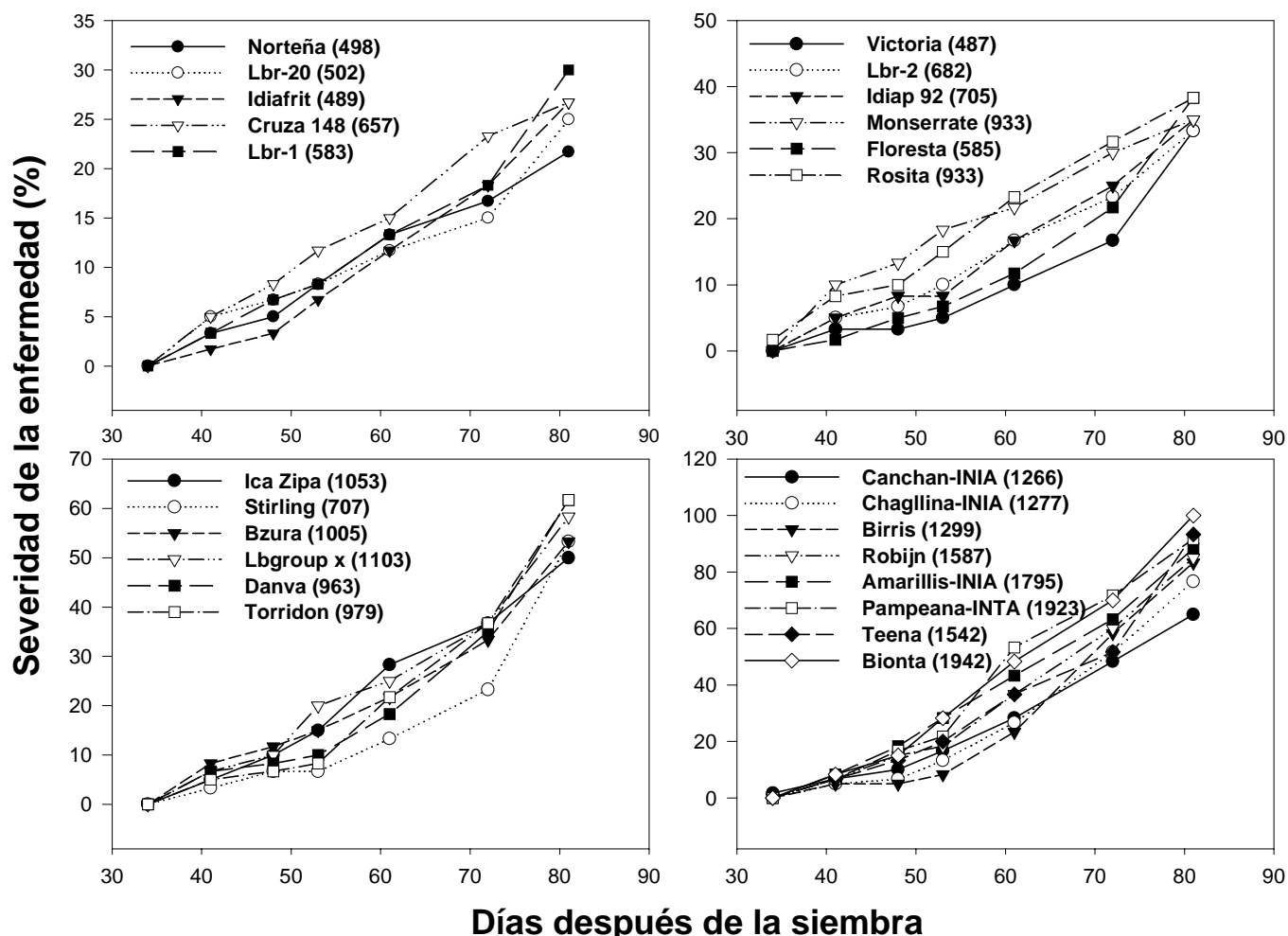


Figura 1. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC), lote con fungicida, agrupadas de acuerdo a la intensidad de la infección. Las cifras en el paréntesis son la acumulación final de AUDPC. Toluca, México, 1999.

en los genotipos mencionados. Posteriormente, a medida que avanzó el crecimiento de las plantas, se fue identificando la resistencia-susceptibilidad de los genotipos, agrupándose en función del grado de infección (Figura 2). Los genotipos que destacaron por su resistencia fueron el cultivar mexicano Norteña (22 % de severidad), la panameña 'Idiafrit' (27 %) y 'Victoria' (33 %) (Uganda-Kenia), además de los clones Lbr 20, Cruza 148, Lbr 1 y Lbr 2, con hasta un tercio de su follaje dañado. Los valores de AUDPC y los porcentajes de severidad final de la enfermedad tuvieron diferencias significativas entre los materiales genéticos (Cuadro 3).

La tuberización se redujo drásticamente en este lote con respecto al químicamente protegido y siete genotipos promediaron más rendimiento a los 70 que a los 90 días. Para estos genotipos la formación de tubérculo prácticamente se suspendió por la incidencia del tizón durante este lapso. Para el resto de los genotipos sí hubo incremento en la tuberización, aunque no lo suficiente como para considerarlo aceptable. Cabe destacar que el cultivar Stirling fue el más rendidor, con 933 g de tubérculo comercial por planta (90 días después de la siembra), a pesar de haber terminado con 53 % de severidad, seguida por 'Norteña', con 675 g-planta⁻¹ y 22 %

de severidad, y 'Rosita', con 418 g-planta⁻¹ y 38 % de su follaje afectado por la enfermedad. El resto de los clones y cultivares mostraron rendimientos no mayores a los 350 g-planta⁻¹, todos con diferencias significativas (Cuadro 3).

El comportamiento del cv. Norteña fue el único congruente al combinar las características de resistencia y rendimiento, al catalogarse como el de más baja infección foliar final, la tercera más baja en AUDPC y la segunda más alta en rendimiento sin la protección de fungicida. Hubo materiales altamente resistentes a la enfermedad, pero con tuberización comercial casi nula (Cuadro 3), mientras que el cultivar más rendidor, 'Stirling', tuvo infección foliar superior al 50 %, que sería inaceptable en un programa de mejoramiento genético enfocado a resistencia.

El grado de infección final en el lote de las plantas protegidas químicamente contra *P. infestans* fue independiente del potencial genético de resistencia al patógeno que los genotipos mostraron en el lote sin fungicidas, pues mientras que en el primero la incidencia fue de 5 al 15 %, en el segundo su amplitud fue de 22 al 100 % (Figura 3). Un comportamiento similar se observó entre ambos lotes

CUADRO 3. Infección foliar, área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) y rendimiento de tubérculo de papa en lotes sin funguicida.

Cultivar	70 Días				90 Días			
	Severidad Final (%)	AUDPC	Comercial	Número Comercial	Severidad Final (%)	AUDPC	Comercial	Número Comercial
Monserate	30 abcd ^z	640 k	---	4 c	35 fghi	932.5 n	100 d	5 b
Teena	52 abcd a	889 e	320 bc	8 c	93 ab	1,541.7 a	279 cd	150ab
Bionta	70 cd	117 b	162 bc	17 bc	100 a	1,974.7 e	131 cd	75 ab
Lbr-1	18 bcd	345 t	7 c	1 c	30 ghi	562.5 t	312 cd	55 b
Floresta	22 bcd	315 w	33 bc7	12c	38 efghi	585 s	242 cd	113 ab
LBr-20	15 cd	323 v	77 c	5 c	25 hi	502.5u	262 cd	75 ab
Amarillis-INIA	63 ab	111 cc	77 c	18 bc	88 abc	1,795 c	137 cd	118 ab
Lbr-2	23 bcd	427 r	30 c	40 bc	33 fghi	681.7 q	108 cd	143 ab
Cruza 148	23 bcd	432 q	---	9 c	27 hi	656.7 r	---	75 ab
Chaglina-INIA	52 abcd	699 g	75 c	22 bc	65 bcde	1,276.7g	100 d	38 b
Ica Zipa	37 abcd	663 i	---	13 c	50 efghi	1,053.3 j	---	33 b
Robijn	60 abc	934 d	100 bc	13 c	85 abcd	1,586.7 d	100 d	70 ab
Stirling	23 bcd	362 s	907 a	2 c	53 efgh	706.7 o	933 a	55 b
Torridon	37 abcd	537 n	343 bc	3 c	62 cdef	979.2 l	312 cd	200 ab
Danva	35 abcd	528 o	228 bc	4 c	62 cdef	963.3 m	258 cd	118 ab
Pampeana-INIA	72 abcd	118 a	307 bc	2 c	92 ab	1,923.3 b	325 cd	93 ab
Rosita	32 abcd	618 l	163 bc	97 ab	38 efghi	932.5 n	418 bc	118 ab
Victoria	17 cd	263 y	65 c	7 c	33 fghi	487.5 x	200 cd	125 ab
Bzura	33 abcd	615 m	290 bc	35 bc	53 efgh	1,005 k	218 cd	143 ab
Canchan-INIA	48 abcd	756 f	42 c	23 bc	65 bcde	1,265.8h	100 d	93 ab
Idiap-92	25 bcd	435 p	95 c	19 bc	35 fghi	705 p	348 cd	108 ab
Idiafrit	18 cd	287 x	---	1 c	27 hi	489.2w	100 cd	75 ab
Lbgroup X	37 abcd	676 h	553 ab	12 c	58 defg	1,103.3i	112 cd	133 ab
Nortefa	17 cd	326 u	303 bc	145 a	22 i	498.3 v	675 ab	265 a
Birris	58 abcd	662 j	45 c	2 c	83 abcd	1,299.2 f	---	55 b

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una P<0.05

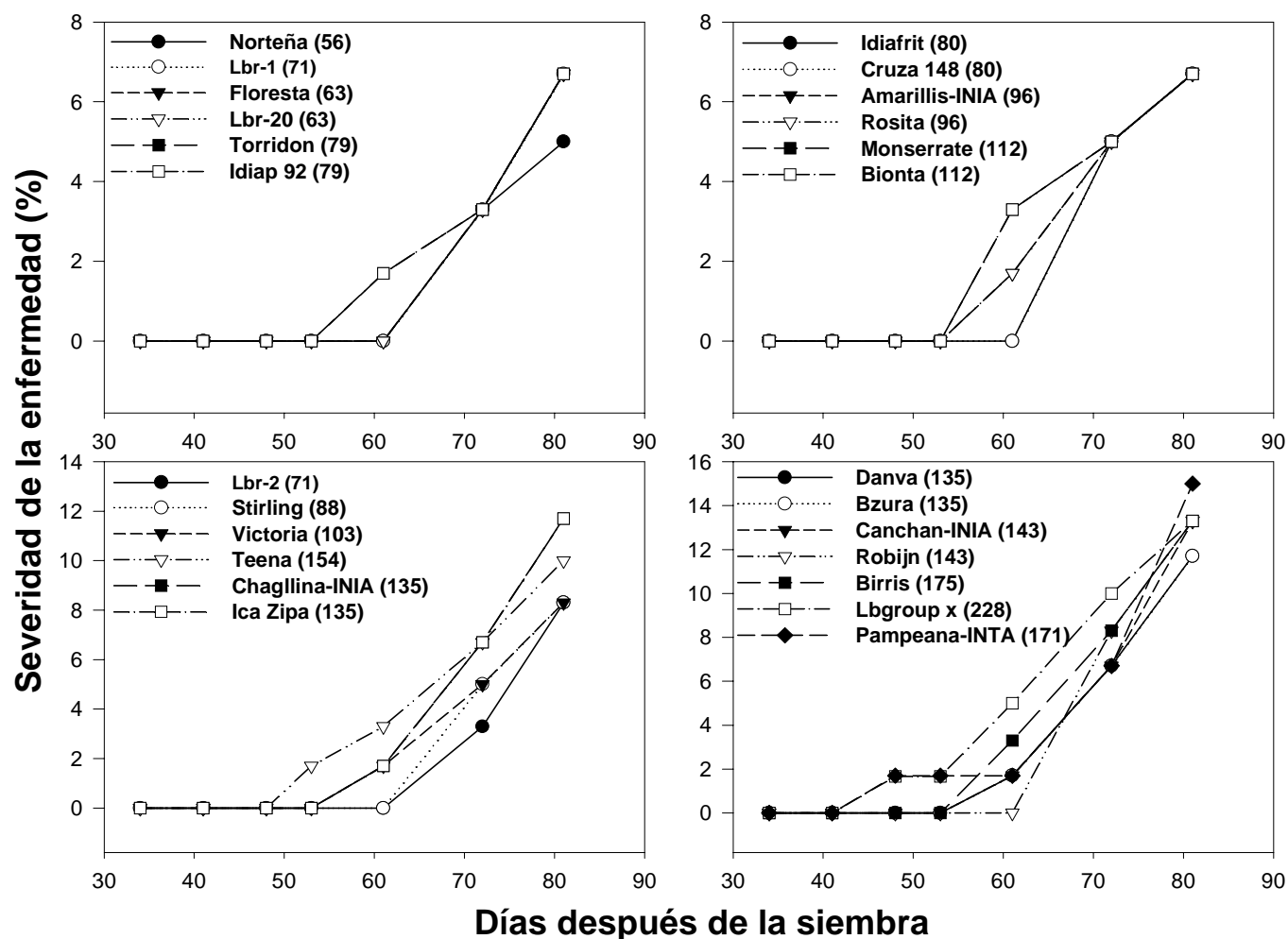


Figura 2. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC), lote sin fungicida, agrupadas de acuerdo a la intensidad de la infección en comparación con el cv. Bionta. Las cifras en el paréntesis son la acumulación final de AUDPC. Toluca, México, 1999.

al analizar el AUDPC (Figura 4). Esto demuestra que la efectividad de los fungicidas para limitar la infección es independiente del grado de resistencia del hospedante. Esta efectividad del control químico no se vio reflejada en el rendimiento de tubérculo, ya que las plantas tuberizaron no sólo en función de la ausencia de la enfermedad, sino de su adaptación al medio (Figura 5).

A los países y programas interesados en contribuir con recursos genéticos para estos ensayos, se les pidió que enviaran genotipos de reconocida y comprobada resistencia al tizón tardío. No obstante, era predecible que bajo las condiciones del valle de Toluca algunos de estos clones sucumbirían al patógeno, pues al ser seleccionados en su lugar de origen no se contaba con las condiciones óptimas de desarrollo de la enfermedad que se tienen en México, además, en el valle se presenta una amplia variabilidad de patotipos del oomiceto (Grunwald *et al.*, 2001) que difícilmente se encuentra en otras regiones. Así, en el grupo de mayor resistencia se encuentran los cultivares mexicanos Rosita y Norteña (Figura 2) y las

derivadas de clones latinoamericanos que en ocasiones se han probado en México ('Victoria' e 'IDIAP 92', del CIP, liberadas en Panamá, Uganda y Kenia; 'Monserate', de Colombia; 'Floresta', de Costa Rica, y 'Lbr-2', del CIP; Flores G., F.X., comunicaciones personales). Por otro lado, entre las más susceptibles destacan 'Bionta', de Austria, 'Teena', de Escocia, 'Pampeana'-INIA, de Argentina, 'Robijn', de Holanda y varias de Perú. No obstante, los mejores rendimientos de tubérculo en lotes con fungicida se obtuvieron con los genotipos precoces europeos 'Stirling', 'Bionta' y 'Torridon' y sólo 'Stirling' conservó su alto potencial rendidor en presencia de *P. infestans*.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones ambientales y de manejo en Toluca, México, el desempeño agronómico de los cultivares nacionales e internacionales de papa, fue diferente en rendimiento y respuesta a *Phytophthora infestans*. La resistencia que mostraron algunos genotipos a este patógeno no fue garantía para tuberización. Los cultivares

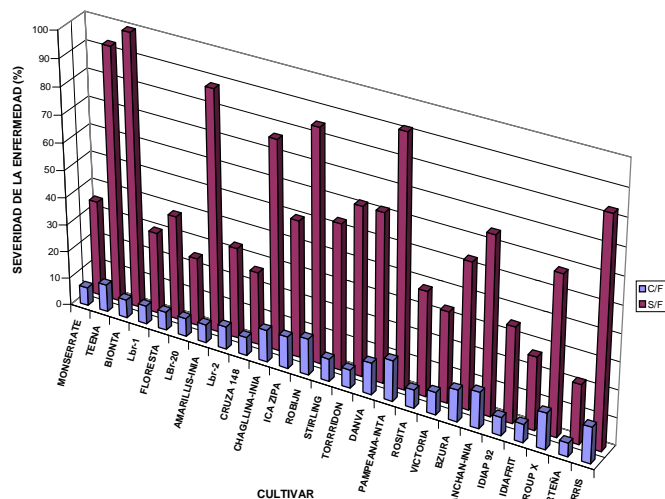


Figura 3. Incidencia final de infección foliar. C/F: con fungicida, S/F: sin fungicida. Toluca, México, 1999.

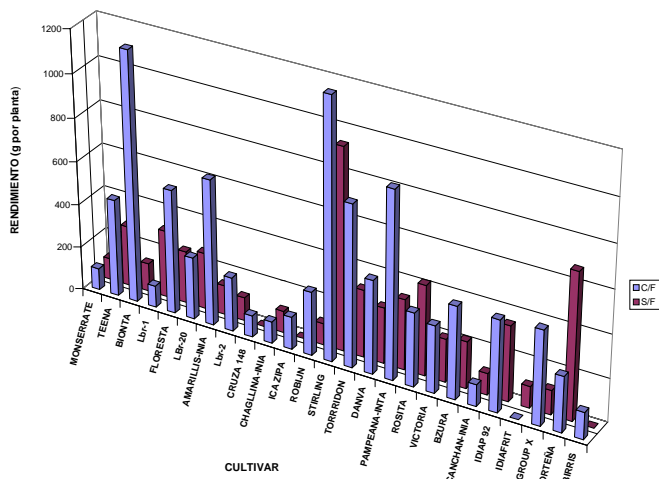


Figura 5. Rendimiento comercial (g/planta). C/F: con fungicida, S/F: sin fungicida. Toluca, México, 1999.

locales fueron altamente resistentes al tizón tardío aunque su mayor potencial de rendimiento no se haya expresado. Los cultivares de mayor potencial de producción de tubérculo con protección química contra el patógeno fueron 'Stirling', 'Torrignon' y 'Bionta', principalmente debido a su precocidad. Sin aspersión de fungicidas los mejores genotipos fueron 'Stirling', 'Norteña' y 'Rosita'. El cultivar 'Stirling' fue el que presentó un mayor rendimiento comercial en ambos tratamientos.

LITERATURA CITADA

- BONIERBALE, M.; CHUJOY, E. 1999. Standard International Field Trials (SIFT) are Established in Nine Developing Countries. H. Lozoya-Saldaña (ed.). PICTIPAPA Technical Report. pp. 80-82.
- DOWLEY, L.J.; O'SULLIVAN, E. 1995. Late blight and the potato in Ireland. Teagasc, Oak Park Research Centre, Carlow, Ireland. 32 p.

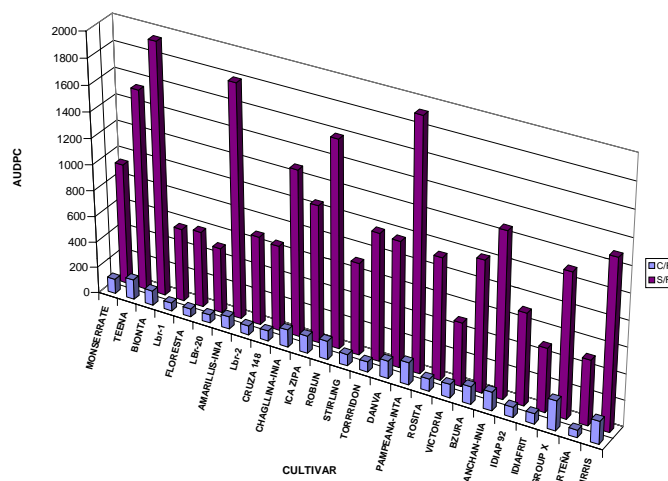


Figura 4. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC). C/F: con fungicida, S/F: sin fungicida. Toluca, México, 1999.

FLORES G., F.X. 1996. Plan nacional de investigación en el cultivo de la papa. SAGAR, INIFAP. D. F., México. 102 p.

GRÜNWARD, N. J.; FLIER, W. G.; STURBAUM, A. K.; GARAY-SERRANO, E.; VAN DEN BOSCH, T. B. M.; SMART, C. D.; MATUSZAK, J. M.; LOZOYA-SALDAÑA, H.; TURKENSTEEN, L. J.; FRY, W. E. 2001. Population Structure of *Phytophthora infestans* in the Toluca Valley Region of Central Mexico. *Phytopathology* 91: 882-90

HENFLING, J.W. 1987. Late blight of potato *Phytophthora infestans*. Technical Information Bulletin 4. International Potato Center, CIP, Lima, Perú. 25 p.

KOLASA, K.M. 1993. The potato and human nutrition. *Amer. Potato J.* 70: 375-384.

LOZOYA-SALDAÑA, H. 1971. Estudio preliminar sobre algunas características fisiológicas en variedades de papa (*Solanum* sp). Tesis de Maestría en Ciencias, Rama de Botánica, Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, México. 115 p.

MASSON MEIS, L. 1991. La papa entre las grandes culturas andinas, pp. 11-72. *In: De la Papa a la Patata*. J. López Linaje (ed.) Lunwerg, Editores, S.A. Barcelona, Madrid, España.

MORA-AGUILAR, R. 1998. Dinámica de crecimiento y productividad de *Solanum tuberosum* L. en condiciones de temporal. Tesis de Doctorado, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Especialidad en Fisiología Vegetal, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 165 p.

NIEDERHAUSER, J. S. 1956. The blight, the blighter, and the blightest. *Trans. of the N.Y. Acad. of Sci.* 19: 55-63.

NIEDERHAUSER, J. S. 1992. International Cooperation in Agricultural Research and Development. *HortScience* 27: 962-967.

NIEDERHAUSER, J. S. 1993. International cooperation and the role of the potato in feeding the world. *Amer. Potato J.* 70: 385-403.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* 67: 1051-1056.

THURSTON, H. D. 1994. Andean potato culture: 5,000 years of experience with sustainable agriculture, pp 6-13. *In: Advances in Potato Pest Biology and Management*. G.W. Zehnder, M.L. Powelson, R.K. Jansson, and K.V. Raman (eds.). APS Press, St. Paul, Minn. USA.