

Avances en el Combate de la Marchitez Bacteriana de la Papa en Costa Rica¹

M.T. Jackson², L.C. González³ y J.A. Aguilar²

ABSTRACT

Advances in the Control of Bacterial Wilt of Potatoes in Costa Rica. M.T. Jackson, L.C. González and J.A. Aguilar (Centro Internacional de la Papa, c/o CATIE, Turrialba and Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica). Bacterial wilt, caused by *Pseudomonas solanacearum* E.F. Smith, is one of the most important potato diseases at mid-elevation (1,400-1,800 m) sites in Costa Rica. Its appearance in potato fields varies from year to year, depending upon the seed planted, and previous land-use. Genetic materials have been evaluated for resistance to Race 3 of the bacterium during recent years. Although acceptable levels of tolerance to the pathogen, have been found in many clones, only a few have been selected by farmers for acceptable agronomic and commercial characteristics. A more severe problem has been encountered with Race 1, with the extension of potato cultivation to the lowland tropics. In Turrialba, 3837 clones have been evaluated to date, of which 6% were selected with different levels of tolerance and resistance. The effects of climate and different cropping systems and rotations on persistence of the bacterium in the soil are being studied. A local Compositae weed, *Melampodium perfoliatum*, is a host plant of the bacterium. The persistence of the pathogen is thought to be due to the presence of this plant in areas where there is no recent history of cultivation of susceptible crops. FITOPATOLOGIA 14 (2) 1979: 46-53.

INTRODUCCION

La marchitez bacteriana, causada por *Pseudomonas solanacearum* E.F. Smith, es la enfermedad más destructiva del cultivo de la papa en las zonas bajas de los países tropicales. En Costa Rica, la mayoría de las papas se cultivan en las faldas del Volcán Irazú, de 1,400 a 3,000 m sobre el nivel del mar. La enfermedad se encuentra en regiones por debajo de aproximadamente los 1,800 m de altura; ahí las pérdidas pueden llegar a ser grandes, especialmente si se usan para la siembra tubérculos provenientes de una zona afectada, o si el agricultor usa su propia semilla. Es posible encontrar ataques severos en un año y ninguno en la siguiente siembra. (1). Las rotaciones con otros cultivos o pasto, y el uso de semilla sana, han resultado en ataques más moderados en años recientes.

En la zona papera la Raza 3 de la bacteria es prevalente. Hasta 1976, la mayoría de las pruebas de resistencia se realizaron contra esa raza. Con la ampliación experimental del rango del cultivo de la papa hacia las zonas bajas y cálidas, a menos de los 1,000 m de altura, se han observado ataques más severos, esta vez debidos a la Raza 1 de la bacteria. Es evidente que no se puede producir papa en zonas bajas si no se controla la incidencia de la marchitez bacteriana.

Durante el desarrollo del proyecto del Centro Internacional de la Papa (CIP), sobre adaptación de la papa a los trópicos bajos, cálidos y húmedos, se ha considerado la importancia de la marchitez bacteriana. Este trabajo presenta algunos datos de tolerancia y resistencia de varios materiales genéticos, así como estudios que se están desarrollando para determinar los efectos del clima y de rotaciones con diferentes cul-

1 Presentado en el 1er. Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP), Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil, 4 - 10 Marzo, 1979.

2 Centro Internacional de la Papa, CATIE, Turrialba, Costa Rica
3 Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

tivos sobre la persistencia de la bacteria en el suelo.

MATERIALES Y METODOS

Se han evaluado entre 1975 y 1978 los siguientes materiales:

1. Clones BR, MS y otros del Programa de la Universidad de Wisconsin-CIP, producidos como parte de la búsqueda de resistencias a marchitez bacteriana (ensayos con repeticiones);
2. Clones del Banco de Germoplasma del Programa Nacional de Papa de México, los cuales fueron mejorados por su resistencia al tizón tardío, pero probados en Turrialba pa-

ra su adaptación al trópico bajo (lotes de observación sin repeticiones);

3. Familias de tubérculos y de semilla botánica del programa de mejoramiento del CIP-Lima; estos son parte del programa de adaptación a los trópicos bajos y de búsqueda de resistencia a marchitez bacteriana (ensayos con repeticiones y lotes de observación).

En las pruebas de adaptación se determinó solamente el porcentaje de plantas marchitas, pero en las pruebas hechas específicamente para determinar la tolerancia o resistencia del material a la enfermedad se ha utilizado otros índices, que toman en consideración la severidad relativa (Cuadros 1 y 2).

CUADRO 1. Índice de severidad a marchitez bacteriana, utilizado en las pruebas de parcela pequeña en San José, Costa Rica.

Epoca de infección	Relación con otras plantas enfermas		
	Aislado	Junto a un caso previo	Entre dos casos previos
Pre-floración (4-5 semanas)	9	7	6
Floración (3-4 semanas)	8	6	5
Post-floración	7	5	4
A la cosecha	6	4	3
5 semanas después de cosecha (al cortar todos los tubérculos)	5	3	2
Sin síntomas	0	0	0

CUADRO 2. Índice de enfermedad de la marchitez bacteriana utilizado en pruebas extensivas en Turrialba, Costa Rica; datos tomados semanalmente.

Planta sana	1
Una hoja marchita	2
1/3 planta marchita	3
2/3 planta marchita	4
Toda la planta marchita	5
Planta muerta	6

Las pruebas de resistencia a la Raza 3 se hicieron inicialmente en terrenos comerciales infestados, pero se encontró una variabilidad muy alta debido a la arrática distribución del inócu-

lo en el suelo (2). A partir de 1975, se utilizó una pequeña parcela de infestación controlada en el Campus de la Universidad de Costa Rica, de 9 x 7 m., preparada mediante la siembra de semilla infectada seguida de varias siembras de una variedad susceptible; el nivel de inóculo se reguló mediante la rotación ocasional con frijol. Para la evaluación en esta parcela se sembraron de 9 a 12 repeticiones por clon, cada una de una sola planta; cada planta se calificó semanalmente, en base al momento en que mostró síntomas (antes, durante o después de la floración, a la cosecha o a las cinco semanas de esta) y a su posición con respecto a plantas previamente infectadas (Cuadro 1); esto último por cuanto las plantas se encontraban a solo 30 cm. una de otra dentro de cada repetición.

Las pruebas contra la Raza 1, así como los estudios de la sobrevivencia y persistencia de

la bacteria, se está haciendo en el campo experimental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, a 600 m. de altura, utilizando la escala descrita en el Cuadro 2. Para las pruebas de resistencia, se ha contado siempre con una cantidad limitada de tubérculos de cada clon; a no ser que se indique lo contrario, se sembró un tubérculo

por clon por repetición, hasta un máximo de 10 repeticiones. La siembra se hizo a 1 m. entre surcos y a 30-50 cm. entre plantas, dependiendo del ensayo. Las lecturas de marchitez bacteriana se tomaron semanalmente. Las principales variables climáticas para San José y Turrialba se presentan en la Fig. 1.

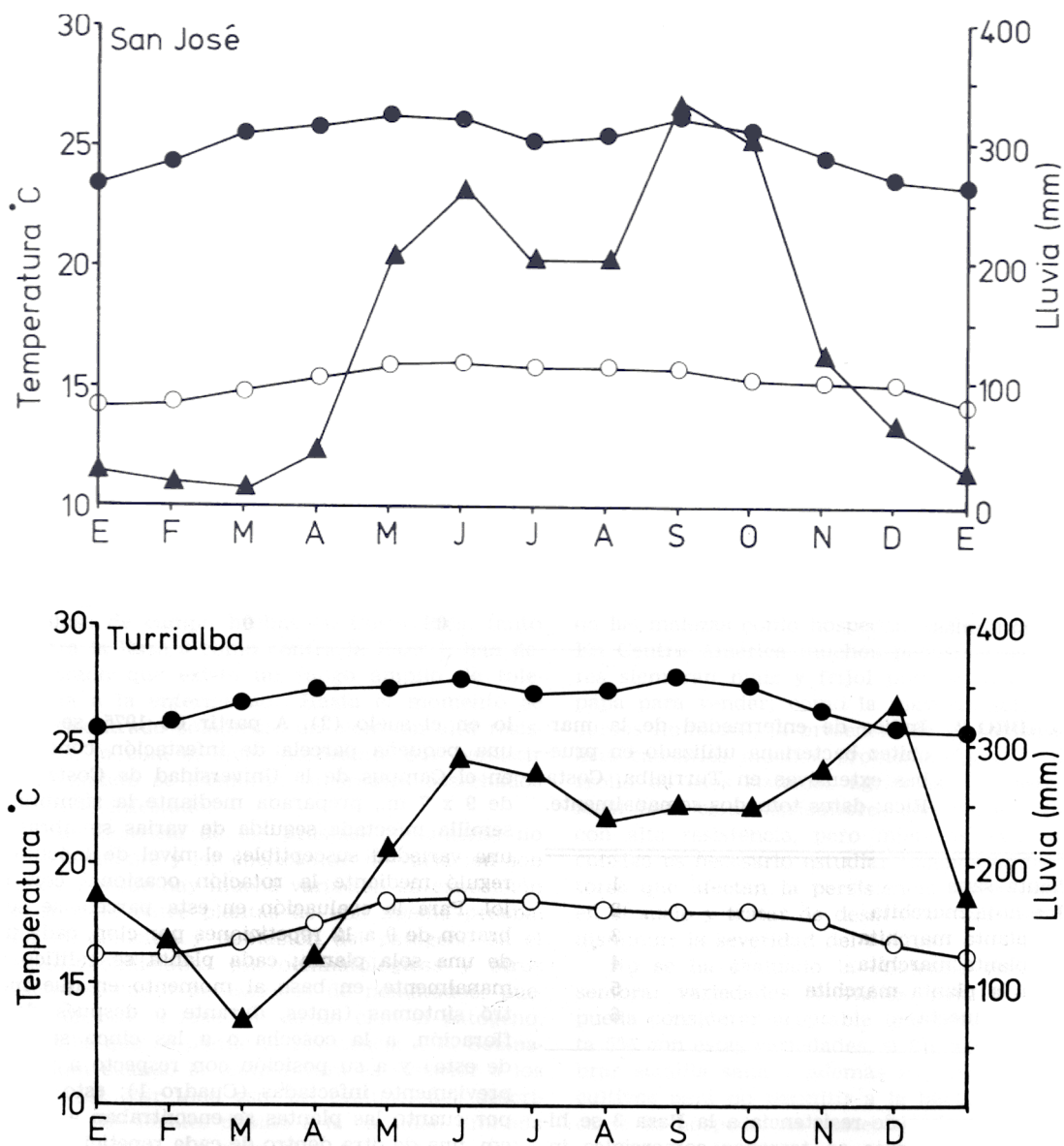


FIGURA 1 — Principales variables climáticas en San José (Ciudad Universitaria) y Turrialba (CATIE), promedio de 20 años o más: lluvia mensual: ▲—▲ ; temperatura máxima diaria: ●—● ; temperatura mínima diaria: ○—○

RESULTADOS

A. **Resistencia a la Raza 3.** La distribución del inóculo en la parcela infectiva en San José fue bastante uniforme. En todas las pruebas hubo una distribución gradual de los clones, de resistente o tolerante a muy susceptible; todos los clones probados sufrieron algún grado de ataque.

En el Cuadro 3 se presentan resultados representativos de cuatro pruebas realizadas entre 1975 y 1977; se indican los niveles de severidad observados en los clones considerados con resistencia o tolerancia promisoria, en relación a Atzimba, que se usó como testigo permanente. De estos clones tolerantes o resistentes, solamente MS 35-22, INDIA 1039, MS 82-21, MS 63-5 y MS 84-5 mostraron características aceptables en cuanto a calidad de tubérculo y rendimiento; los primeros dos han sido mantenidos e incrementados, en la zona alta de Costa Rica, por el Programa de Papa del Ministerio de Agricultura y Ganadería; los otros tres son mante-

nidos en la Universidad de Wisconsin. El resto de los clones tolerantes se mantienen en el Banco de Germoplasma del CIP, en Lima o en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), México, por su valor como fuentes potenciales de resistencia.

Si bien hubo cierta consistencia en la reacción de algunos clones que estuvieron en varias pruebas, en otros hubo contrastes entre una y otra prueba; el caso más evidente es el de MS 35-22, que en general fue moderadamente resistente, pero que dio reacción susceptible cuando se sembró en forma de semilla grande, en la Prueba 4. En esta prueba, MS 35-22 tuvo un índice de enfermedad de 6.3 (121% del de Atzimba). La variedad Atzimba mantuvo una susceptibilidad moderada, si bien también fue afectada por el tamaño de la semilla en la Prueba 2. En todas las pruebas hubo varios clones más susceptibles que Atzimba.

El nivel de inóculo fue muy sensible a la presencia del hospedante y a la humedad del suelo; las pruebas hechas después de un período de

CUADRO 3. Reacción de clones susceptibles y tolerantes a la Raza 3 de *Pseudomonas solanacearum* en la parcela de infestación controlada en la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Prueba	Nº de clones evaluados	Testigos	Severidad relativa de marchitez ¹		
			Testigos	Clones resistentes o tolerantes	
1			%	%	
Abr.-Jul. 75	19	Atzimba (5.3) ²	100	7-6	55
		Rosita	90	A-1	14
		MS 35-32 . . .	103	BR 44-7	60
				MS 1E-7	30
				MS 40-1	17
2					
Jul.-Oct. 76	19	Atzimba (6.6) ²	100	MS 1E-7	32
		MS 35-32	123	6-5	41
				P-7	47
				A-1	56
3					
Enr.-Abr. 77	16	Atzimba (3.2) ²	100	INDIA 1039	31
				R 590-54 . .	56
				MS 35-22 . .	59
				MS 1E-7 . .	59
4					
Jul.-Oct. 77	11	Atzimba (5.2) ²	100	MS 82-21	10
				MS 63-5 .	15
				MS 84-5	29

¹ Tomando la reacción del testigo permanente, Atzimba, como 100%.

² En paréntesis, reacción de Atzimba en la escala 0 a 9 descrita en el Cuadro 1

rotación o descanso, o tras una época seca, fueron menos severas (en base a la reacción de Atzimba, como se indica en el Cuadro 3), que las que se hicieron al final de la época lluviosa o inmediatamente después de una siembra de papa en el terreno.

B. Resistencia a la Raza 1. En julio de 1977 se evaluaron en Turrialba 207 clones procedentes del Banco de Germoplasma del INIA, México. Se sembraron cinco tubérculos por clon, los cinco juntos. Los primeros síntomas de la marchitez aparecieron a los 18 días y más del 90% del total de las plantas se vieron afectadas en 55 días (Fig. 2). De esta evaluación salieron tres clones, Cruza 148, India 1111 y N-503-563, con aparente resistencia y ocho más que sólo tuvieron infección limitada de la bacteria en los tubérculos a la cosecha. Se hizo otra prueba de los tres clones resistentes, utilizando tubérculos sin síntomas evidentes pero cosechados del suelo infestado. Solamente Cruza 148 resultó resistente; en esta no se observó ningún síntoma de la bacteriosis en el follaje ni en los tubérculos. Se está evaluando por tercera vez la aparente inmunidad de este clon, también con tubérculos cosechados del suelo infestado.

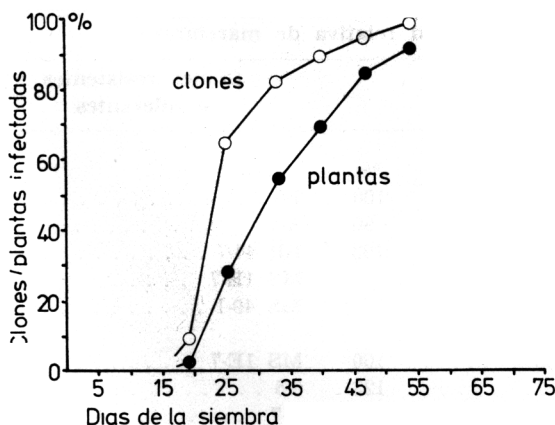


FIGURA 2 — Incremento promedio de la marchitez bacteriana en 207 clones en Turrialba, Costa Rica.

Durante 1978 fueron evaluados 12 clones desarrollados en la Universidad de Wisconsin. Los resultados se presentan en el Cuadro 4. Se nota claramente la diferencia entre una variedad, Atzimba, que es sumamente susceptible, y un clon como MS 35-22, el cual tiene un alto grado de tolerancia (Fig. 3).

Como parte del proyecto de la adaptación de la papa a los trópicos bajos, se han evaluado más de 3500 clones durante 1977 y 1978; se ha obtenido algunos clones con buen rendimiento (hasta 2.5 kg/planta en la primera prueba) y con tolerancia a la bacteria (Cuadro 5).

Se ha evaluado la persistencia de la bacteria después de diversas rotaciones con cultivos como maíz, frijol y camote, en terrenos donde no hay historial reciente de cultivos susceptibles (Jackson y González, sin publicar). Estos estudios continúan, pero ya hay evidencia de un alto grado de persistencia de la Raza 1 en estos suelos de Turrialba. En relación a esto, se ha notado que algunas malezas locales son hospedantes de la bacteria; la más importante es *Melampodium perfoliatum* (Cavanilles) H.B.K., de la familia Compositae, que invade terrenos recién arados, marchitándose tanto en estado de planta joven como adulta; la bacteria se ha aislado de este hospedante y se ha usado para pruebas de resistencia. Otras dos malezas fueron observadas esporádicamente con síntomas de marchitez; de una de ellas, *Bidens pilosa* L., se aisló la bacteria, pero no de la otra, *Emilia sonchifolia* (L.) D.C.

DISCUSION

La primera fuente de resistencia a *Pseudomonas solanacearum* se encontró en la Colección Central Colombiana (7). Durante varios años se utilizó esta resistencia en los programas de mejoramiento (5) y ya algunas variedades han sido distribuidas, como por ejemplo las variedades Caxamarca y Molinera en Perú (4). También estas variedades tienen cierta resistencia a tizón tardío. Sin embargo, los requisitos de material genético diverso para otras regiones hacen necesario que se siga evaluando materiales en lugares representativos del trópico bajo, donde la enfermedad sea común y donde se pueda garantizar una prueba severa.

En Costa Rica, la marchitez bacteriana sólo es de importancia comercial en las áreas más bajas de la región papera, que son relativamente marginales; aún ahí, muchos agricultores han logrado algún control mediante el uso de rotaciones y semilla sana proveniente de áreas altas y frescas. En estas condiciones, mucho del material genético seleccionado en nuestro programa no tendría demanda, por falta de características agronómicas y comerciales aceptables; aún así, el clon MS 35-22, que ha mostrado tolerancia en Alajuela (3), además de San José y Turrialba, ha sido multiplicado por un agricultor. El valor de las pruebas hechas en Costa Rica



FIGURA 3 — Susceptibilidad relativa del cultivar Atzimba (izquierda) y del clon MS 35-22 = Ica-Purace x A-1 (derecha), en un suelo infestado por la Raza 1 de *Pseudomonas solanacearum* en Turrialba, Costa Rica.

CUADRO 4. La tolerancia relativa a la marchitez bacteriana de clones evaluados en Turrialba (mayo-agosto, 1978).

CLON	Severidad de la enfermedad a las 11 semanas				Rendimiento kg/planta **	% Tubs. sanos
	Indice ^o (\bar{X})	CV %	Plantas sanas/ infectadas	% plantas con índice < 3		
MS 42-3	2.90	64	3/7	80	0.240 (6)	83
P - 7	2.50	48	2/6	75	0.580 (5)	81
BR 62-3	1.90	84	6/4	90	0.490 (6)	78
BR 63-65	2.44	71	4/5	78	0.215 (7)	92
T - 2	4.10	33	1/9	20	0.490 (10)	86
BR 44-7	5.66	10	0/3	0	0.000	0
P - 1	1.40	64	4/1	100	0.250 (4)	83
N - 68	4.29	52	1/6	43	0.000	0
7-6	2.22	81	5/4	78	0.160 (5)	56
BR 62-5	2.33	85	3/3	83	0.525 (4)	96
BR 10-2	1.66	69	2/1	100	0.550 (1)	93
MS 35-22	2.45	38	11/45	93	0.950 (56)	92
Atzimba	5.66	19	2/54	5	0.015 (56)	0

* Índice de enfermedad: 1= planta sana; 2= una hoja marchita; 3= 1/3 planta marchita; 4= 2/3 planta marchita 5= toda la planta marchita; 6= planta muerta.

** En paréntesis, número de plantas cosechadas.

CUADRO 5. Rendimiento y otras características de clones evaluados para su adaptación en Turrialba, Costa Rica, durante 1977-1978.

Prueba	N° Clones evaluados	% germinación	% marchitez bacteriana	Ciclo vegetativo (días)	N° clones seleccionados	Rendimientos
A Jul - Sept 77	520	90	67	65	66	41 con > 450 g/planta
B Oct - Dic 77	636	82	87	74	37	20 con > 600 g/planta
C Jul - Oct 78	2462	plántulas transplantadas	25	68	132	105 con > 600 g/planta 62 con > 1.0 kg/planta

consiste en demostrar la factibilidad de evaluar materiales, de los cuales se puede seleccionar clones tolerantes y resistentes que tendrían éxito en otros países del mundo.

En las primeras pruebas de invernadero, en Wisconsin, se ha utilizado una mezcla de aislamientos de la Raza 3 y la Raza 1, con el fin de seleccionar por resistencia de base amplia. Las pruebas de campo hechas en Costa Rica, tanto contra la Raza 3 como contra la Raza 1, han demostrado que existe un rango amplio de tolerancia a la enfermedad. Hasta el momento se ha encontrado solamente un clon con alta resistencia, la cual es más interesante por persistir aún cuando se siembran tubérculos cosechados de suelo infestado.

La eficiencia de las pruebas obviamente no es consistente y los coeficientes de variación son altos, porque hay mucha variación en exposición al inóculo entre plantas de una misma prueba. La distribución y población del patógeno en el suelo, condiciones microclimatólogicas y otros factores, como poblaciones de nemátodos, pueden afectar la reacción de un clon al patógeno. Se sabe que se pierde la resistencia a *P. Solanacearum* cuando la temperatura es superior a los 28°C (6). Por todo eso, las evaluaciones descritas no son ideales debido a la cantidad limitada de tubérculos de cada clon para cada prueba, pero permiten eliminar una mayoría susceptible y mantener un número reducido de clones con

mayor grado de tolerancia. Esta situación seguirá hasta que se encuentre más clones con inmunidad, como es aparentemente el caso del clon Cruza 148.

En esta y otras pruebas hechas en Costa Rica (3), se ha mostrado que la Raza 1 de la bacteria puede sobrevivir de un año a otro a pesar de la época seca; también es evidente el papel de las malezas como hospedantes de la bacteria. En Centro América muchos pequeños agricultores siembran maíz y frijol para su consumo y papa para vender; como la mayoría son de recursos limitados, la presencia de la bacteria podría causarles muchos problemas para el desarrollo de esos sistemas agrícolas. La respuesta ideal para estos agricultores son las variedades con alta resistencia, pero mientras ésta no se consiga es necesario estudiar muchos de los factores que afectan la persistencia de la bacteria en el suelo y tratar de desarrollar técnicas para disminuir la severidad del ataque.

No se ha evaluado la eficiencia relativa de sembrar variedades tolerantes, pero tal vez se pueda considerar aceptable una pérdida de hasta 5% con estas variedades, si fuera posible sembrar semilla sana y además usar rotaciones de cultivos para no permitir a la bacteria multiplicarse en hospedantes susceptibles.

Este estudio también ha señalado la importancia de malezas comunes en la persistencia de la bacteria en el suelo en zonas cálidas. Conviene

estudiar las posibilidades de bajar la población de la bacteria mediante el control de malezas antes de sembrar cultivos susceptibles a la enfermedad.

RESUMEN

La marchitez bacteriana, causada por *Pseudomonas solanacearum* E.F. Smith, es una de las enfermedades más importantes del cultivo de la papa en zonas de altitud media (1,400-1,800 m.) en Costa Rica. Su aparición es errática debido a que depende de la semilla utilizada y del uso previo del terreno. Durante varios años se han probado materiales genéticos para su resistencia a la Raza 3 de la bacteria. Aunque la tolerancia de muchos clones es aceptable, solamente en pocos casos lo han sido sus características agronómicas y comerciales. Con la ampliación del rango del cultivo hacia los trópicos bajos se ha encontrado un problema más severo causado por la Raza 1. En Turrialba se han evaluado 3837 clones, de los cuales el 6% resultó con diversos grados de tolerancia y resistencia. Se está estudiando los efectos del clima y de diferentes cultivos y rotaciones sobre la sobrevivencia y persistencia de la bacteria en el suelo. Una maleza local de la familia Compositae fue encontrada como hospedante de la bacteria. Se supone que la persistencia de la bacteria en el suelo se debe a la presencia de esa maleza en áreas donde no hay historial de cultivos susceptibles.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Sr. Moisés Pereira B. por su asistencia técnica.

LITERATURA CITADA

1. GONZALEZ, L.C. 1976. Bacterial wilt of potato in Costa Rica. In Planning conference and workshop on the ecology and control of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. L. Sequeira and A. Kelman ed., North Carolina State University.
2. GONZALEZ, L.C. & BIANCHINI, R. 1974. Field tests for simultaneous resistance of potato to bacterial wilt and late blight. *Phytopathology* 64: 768.
3. GONZALEZ, L.C. y CHINCHILLA, C.M. 1978. Persistencia de *Pseudomonas solanacearum* en el suelo y susceptibilidad de tres clones de papa en la zona de Alajuela. In Anales del III Congreso Agronómico Nacional, San José, Costa Rica, 3-7 julio 1978, p. 141-142.
4. HERRERA, M., VASQUEZ, I.V., de la PUENTE, F. y FRENCH, E. 1977. Caxamarca (Chaucha mejorada); nueva variedad de papa resistente a la marchitez bacteriana y a la racha. Min. de Alimentación, Dir. Gen. Invest. Informe Especial N° 49, Lima, Perú.
5. ROWE, P.R. & SEQUEIRA, L. 1970. Inheritance to *Pseudomonas solanacearum* in *Solanum phureja*. *Phytopathology* 60: 1499-1501.
6. SEQUEIRA, L. & ROWE, R. 1969. Selection and utilization of *Solanum phureja* clones with high resistance to different strains of *Pseudomonas solanacearum*. *Am. Potato J.* 46: 451-462.
7. THURSTON, H.D. & LOZANO, J.C. 1968. Resistance to bacterial wilt of potatoes in Colombian clones of *Solanum phureja*. *Am. Potato J.* 45: 51-55.