

COMBATE INTEGRADO DE LA PUDRICIÓN RADICAL DE LA PAPAYA (*Phytophthora* sp.) A NIVEL DE VIVERO¹

Lenín Ramírez², Alfredo Durán², Dennis Mora²

RESUMEN

Combate integrado de la pudrición radical de la papaya (*Phytophthora* sp.) a nivel de vivero. Se evaluaron el efecto de diversas estrategias, solas e integradas, en el control, a nivel de vivero, del hongo *Phytophthora* sp., causante de lapudrición radical de la papaya. El experimento se desarrolló entre agosto de 1994 y marzo de 1995 en la Estación Experimental Fabio Baudrit, de la Universidad de Costa Rica, en la provincia de Alajuela, Costa Rica. Los tratamientos fueron: solarización por 30 días; incorporación de una enmienda orgánica a base de gallinaza; fungicida etridiazole y las siguientes combinaciones: solarización + enmienda orgánica; etridiazole + enmienda orgánica; solarización + etridiazole; solarización + etridiazole + enmienda orgánica y un tratamiento testigo inoculado. Se prepararon eras, se inocularon con el patógeno y posteriormente se realizó en ellas los tratamientos descritos. Los suelos tratados se embolsaron separadamente. Las bolsas se sembraron con la variedad Solo Sunrise tipo Hawaiana. A los tres meses se evaluaron porcentaje de germinación, diámetro del tallo a nivel del suelo, altura de la planta, peso fresco del sistema radical y severidad de la pudrición radical. Adicionalmente se evaluó el efecto de los tratamientos sobre las poblaciones de microorganismos benéficos del suelo (actinomicetos, protozoarios, bacterias y hongos), así como del patógeno. La enmienda orgánica aumentó el vigor de las plantas. Todos los tratamientos afectaron la germinación, el testigo inoculado tuvo mayor porcentaje de germinación. Los tratamientos que contenían enmienda orgánica, fueron los que más afectaron la germinación.

ABSTRACT

Integrated action agrainstradical rotting of papaya fruits (*Phytophthora* sp.) under nursery conditions. The effect of several strategies - alone and integrated - on the control of the *Phytophthora* sp. fungae, which causes radical rotting of papaya fruits, was evaluated under nursery conditions. The experiment took place between August 1994 and March 1995 at the University of Costa Rica's Estación Experimental Fabio Baudrit, located in Alajuela, Costa Rica. The treatments applied were: sun heat for 30 days; organic fertilizer made from hen droppings; etridiazole fungicide; and the following combinations: sun heat + etridiazole + organic fertilizer; etridiazole + organic fertilizer; sun heat + etridiazole; sun heat + etridiazole + organic fertilizer, and finally, an inoculated control treatment. Soil rows were made, and then they were innoculated with the pathogenic agent, and finally the aforementioned treatments were applied. The treated soils were bagged separately. The Solo Sunrise Hawaiian variety was planted in bags. The percentage of germination, stem diameter at soillevel, plant height, radical system fresh weight, and severity of radical rotting were evaluated three months later. In addition, the effect of the treatments on beneficent soil microorganism populations (actinomyces, protozoa, bacteria, and fungi) was evaluated, as well as those of pathogenic populations. Organic fertilizer increased plant strength. All treatments affected germination; the innoculated control had the greatest germination percentage. Treatments containing organic fertilizer affected germination most.



INTRODUCCIÓN

La pudrición radical de la papaya es considerada una de las enfermedades más importantes que afectan a este cultivo a escala mundial. En Costa Rica, la pudrición radical de la papaya también provoca pérdidas bastante importantes en todas las regiones papayeras, aunque dichos daños no han sido cuantificados. Dado

que esta enfermedad, generalmente, es de lento desarrollo en el hospedante, el daño mayor se presenta luego del primer año de edad de la plantación, dando oportunidad al productor de cosechar parte de la producción. Sin embargo, su impacto más importante está relacionado con la reducción en la vida útil de la plantación, puesto que lo normal en Costa Rica es que una plantación de papaya no dure más de dieciocho

¹ Proyecto: Mejoramiento de la calidad post cosecha de la papaya mediante métodos alternativos de campo. Vicerrectoría de Investigación, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Universidad de Costa Rica.

² Estación Experimental Fabio Baudrit, Laboratorio de Fitopatología, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

meses, cuando la literatura informa que una plantación debería durar en producción entre 24 y 36 meses.

Mora y Morales (1980) informan en Costa Rica que cuando la enfermedad se encuentra en sus estados iniciales se manifiesta como una pudrición seca, color café oscuro en el ápice de las raíces más jóvenes. En estados avanzados se observa ausencia total de raíces secundarias y una pudrición ascendente del pivote central de la raíz, que pierde su consistencia, sufriendo además desintegración de los tejidos; su coloración normalmente es café oscuro y presenta olor desagradable. Esta pudrición generalmente asciende hasta el nivel del suelo y con frecuencia la cavidad central del tallo se amplía, hasta que queda sólo la corteza. En muy pocos casos la pudrición alcanza alturas mayores a la del nivel del suelo. La apariencia general de los árboles enfermos es una evidente falta de vigor, con la pérdida progresiva de las hojas más viejas primero; en caso de poseer frutos en desarrollo éstos permanecen en el árbol. Se han observado ataques de la pudrición radical de la papaya en plantas de todas las edades, aunque generalmente la enfermedad no se manifiesta sino hasta los ocho o diez meses de edad de la planta, en la etapa de la primera cosecha.

El agente causal de esta enfermedad ha sido identificado como *Phytophthora palmivora* (Mora y Morales, 1980) aunque también la especie parasítica ha sido reportada como causante de la pudrición radical en la papaya (Erwin y Bartnicki-García, 1983).

Con respecto al combate de este patógeno, varios autores han encontrado (Hoitink, 1976; Huber y Watson, 1970; Nessbitt *et al.*, 1979) que la utilización de compost de diferentes especies vegetales es útil en el control de especies de *Phytophthora*, en circunstancias en que la utilización de agroquímicos no es efectiva. Las enmiendas orgánicas con relaciones altas en C:N son menos efectivas en reducir la podredumbre de la raíz, comparadas con aquellas como gallinaza y los desechos de alfalfa, que contienen una relación C:N baja. Estos sustratos permiten un incremento en la población de microorganismos saprófitos (Zentmyer, 1980).

En Costa Rica se han utilizado enmiendas orgánicas a base de gallinaza mezclada con carbonato de calcio y nitrato de amonio para el control de *Phytophthora capsici* en chile dulce. Al respecto Corrales (1989) encontró que dicho tratamiento incorporado en el lomillo de siembra obtuvo tan solo un 29,3% de incidencia en plantas de chile inoculadas, mientras que el testigo químico (fosfonato de aluminio), presentó valo-

res de incidencia de 87,6%. El tratamiento con gallinaza además resultó con los mejores índices de vigor, a saber: altura, diámetro del tallo y número de hojas (Corrales, 1989).

La solarización es otro método que ha dado muy buenos resultados para el control de patógenos de suelo (Pinkas *et al.*, 1984). Este fenómeno se presenta cuando se cubre el suelo, a capacidad de campo con plástico transparente, lo que permite el incremento de la temperatura hasta llegar a ser letal para los patógenos del suelo, provocando un efecto de invernadero (Katan, 1980). Además, de las altas temperaturas, se producen aumentos en las poblaciones de saprófitos, los cuales actúan como competidores o antagonistas de los patógenos del suelo (Katan *et al.*, 1976).

En Costa Rica Navarro *et al.* (1991), informó que utilizando la práctica de la solarización en la zona de Alajuela, con 180 horas acumuladas de radiación solar, logró reducir en casi un 60% el porcentaje de plántulas enfermas de algodón (con respecto al testigo inoculado) con *Rhizoctonia solani*. Esta práctica también ha sido utilizada con éxito en Costa Rica para el control de *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia* sp. en la producción de almárgicos de café y lechuga (Madríz, 1987 y Mesén, 1987).

Con relación al control químico de la pudrición radical de la papaya, en Costa Rica no se han realizado experimentos que midan el efecto de los productos químicos sobre este patógeno. A nivel internacional hay pocos experimentos que evalúen este aspecto (Wheeler *et al.*, 1970).

Los objetivos de la presente investigación fueron evaluar el efecto de la aplicación individual de una enmienda orgánica, de la solarización, del fungicida etridiazole, así como de diversas estrategias integradas, en el control de *Phytophthora* sp., causante de la pudrición radical de la papaya, así como medir el impacto de estas prácticas de control sobre la población de los microorganismos benéficos del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Laboratorio de Fitopatología, de la Universidad de Costa Rica, se procedió a realizar aislamientos en medio nutritivo Papa-Dextrosa-Agar (PDA), de trozos de raíces de papaya con síntomas de la pudrición por *Phytophthora* sp., posteriormente se dejaron creciendo en una cámara de incubación a 28°C y luz artificial. El hongo se dejó crecer por cinco días.

Por otra parte se prepararon erlenmeyers de 1000cc que contenían 300cc de avena en grano y 150 cc de agua destilada. Esta mezcla se esterilizó mediante autoclavado por tres horas a 121°C y a 20 lb de presión. Por último, se dividió el agar de un plato Petri, en porciones que contenían micelio de *Phytophthora* sp. en pequeños trozos y se introdujo en cada erlenmeyer. Una vez sellados los envases, se mantuvieron por ocho días a temperatura ambiente, hasta que se produjo una masa amorfa blancuzca, debido a la total colonización del hongo. Se realizaron observaciones del crecimiento micelial al microscopio, con el objetivo de comprobar la presencia de *Phytophthora* sp.

Inoculación de las eras

La prueba de campo se realizó entre los meses de setiembre de 1994 y julio de 1995 en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno; ubicada en La Garita,

Alajuela, Costa Rica, a 850 msnm, perteneciente a la zona de vida definida como bosque húmedo premontano, con un clima subhúmedo, caliente y una estación seca muy larga (más de 70 días con déficit de agua), (Herrera, 1986).

El terreno empleado es de topografía plana, con un tipo de suelo franco, de pH 5,7 y con buenas características de fertilidad; en el mismo se confeccionaron 16 eras o camas de siembra de cuatro metros de largo y 1 metro de ancho. Todas las camas se inocularon 22 días antes de la aplicación de los tratamientos, con 165 g de avena colonizada por *Phytophthora* sp. La homogenización del inóculo con el suelo se realizó manualmente. Se utilizó, aproximadamente 1,0 m³ de suelo para cada tratamiento. Durante las tres semanas, posteriores a la inoculación, el suelo se mantuvo a capacidad de campo mediante la aplicación de riego. Finalizado este período se montó cada tratamiento. Dado que cada uno tenía una duración variable, se programó la investigación de manera que la finalización de todos los tratamientos se diera simultáneamente, con el fin de evaluar plantas de la misma edad.

Realización de las estrategias de combate

Los tratamientos evaluados fueron: solarización (S), incorporación de una enmienda orgánica a base de gallinaza (Mo), aplicación del fungicida etridiazole (Q), así como las siguientes combinaciones: solarización + enmienda orgánica (S+Mo); etridiazole + enmienda orgánica (Q+Mo); solarización + etridiazole (S+Q); solarización + etridiazole + enmienda orgánica (S+Q+Mo) y por último un tratamiento testigo inoculado (Test).

Para la realización del tratamiento de solarización, una vez transcurrido el periodo de establecimiento del inóculo y con las camas a capacidad de campo, se cubrieron con plástico transparente de polietileno (0,2 mm de grosor), y se sellaron en los bordes con suelo. Cada quinto día, a las 10:00 horas, se realizaron mediciones de las temperaturas alcanzadas a diferentes profundidades, a saber: 5, 10 Y 15 cm. El tiempo de exposición a la radiación solar fue de 30 días; pasado este período, se descubrieron las eras y se procedió al llenado de bolsas con el suelo tratado.

El tratamiento de incorporación de la enmienda orgánica, se preparó realizando una mezcla física de los siguientes materiales: 1 kg de excretas secas de gallinas ponedoras (gallinaza) sin un proceso previo de compostaje; 100 g de Nitrato de amonio (NH₄N0₃), 20 g de Carbonato de calcio (CaCO₃) y 30 g de roca fosfórica. Pasado el período de establecimiento del inóculo, se incorporó la enmienda orgánica al suelo a razón de 1,7 kg de enmienda orgánica por metro cuadrado de suelo. Luego se permitió un tiempo de acondicionamiento de 22 días antes de embolsar el suelo.

Para el tratamiento químico se utilizó el fungicida etridiazole, polvo mojabable, a la dosis comercial de 450 g de producto comercial por 200 l de agua, el cual se aplicó por medio de regadera a la superficie del suelo, utilizando un volumen de mezcla de 10 l por metro cuadrado. Se permitió un período de 22 días de acción del agroquímico. Posteriormente se llenaron bolsas con el suelo tratado.

Para la preparación de las combinaciones de tratamientos, se siguió los procedimientos previamente descritos, en el orden secuencial indicado anteriormente.

Para el embolsado de los suelos de cada tratamiento se utilizaron bolsas de polietileno negro con agujeros, de 20 cm x 40 cm, las cuales se colocaron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones de 20 bolsas cada una para cada tratamiento, para un total de 480 bolsas.

Posteriormente se procedió a sembrar cinco semillas de papaya por bolsa, de la variedad Solo Sunrise, tipo hawaiano, la cual fue suministrada por una empresa productora de papaya para exportación y que recibió como tratamiento un proceso de eliminación del mucedo y secado al sol.

Parámetros evaluados.

En todos los tratamientos se evaluó el porcentaje de germinación, así como los siguientes parámetros de

vigor: el diámetro del tallo a nivel del suelo, la altura de la planta y el peso fresco del sistema radical. Además se evaluó la severidad de la enfermedad, para lo cual se diseñó una escala que consideró, además del daño en el pivote central, la infección en el sistema radical secundario. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{IPS}(\%) = \{ (VI * 0,6) + [(\sum V2 * Fn) * 0,4] \} * 9,8$$

Donde:

VI= severidad en el sistema pivotante

V2=severidad en el sistema radical secundario

fn= niveles del sistema radical secundario (de 1 a 3) 0,6 y 0,4 son valores arbitrarios de importancia agronómica del sistema radical pivotante y secundario, respectivamente.

9,8 es una constante para transformar los datos del IPS en porcentaje.

Se definió, con base en la agronomía del cultivo, que una lesión en el pivote central posee mayor importancia que en el sistema radical secundario, debido a que el pivote, además de tener un efecto de anclaje, es importante porque actúa como puente entre el sistema radical absorbente y la parte aérea de la planta. Por lo anterior, las lesiones en el sistema radical pivotante poseen un mayor valor absoluto en la fórmula anterior.

Para establecer la severidad en el sistema radical secundario, se dividió el mismo en tres niveles (Fn), a saber: el tercio inferior, al que se le dio un valor de uno; el tercio intermedio con un valor de dos y por último el tercio superior con un valor de tres, lo anterior por cuanto se consideró que una lesión en el tercio superior de las raíces secundarias, es más grave que en los tercios inferiores. Cada uno de los tercios se calificó de cero a tres según el grado de avance de la enfermedad, considerándose el cero para las raíces sanas y el tres para las raíces secundarias totalmente enfermas.

El porcentaje de germinación se determinó 15 días después de que el 50% de las bolsas presentaron germinación. Dado que en cada bolsa se procuró colocar cinco semillas, se consideró que este número de plántulas o mayor correspondería al 100% de germinación en esta bolsa. Para valores inferiores de germinación se calculó el porcentaje respectivo.

Análisis microbiológicos

Antes y después de aplicar los tratamientos, se tomaron muestras de los primeros 10 cm de suelo, con el fin de estimar las variaciones de las poblaciones microbianas y del patógeno, las cuales se llevaron al La-

boratorio de Microbiología de Suelos, del Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, para su procesamiento. La metodología utilizada para la evaluación de las diferentes poblaciones microbianas (a saber: hongos, bacterias, actinomicetos y protozoarios) se basa en los procedimientos descritos por Alexander (1977). De cada tratamiento se tomaron tres muestras que se unificaron en una sola, posteriormente se cuarteó y se tomó una muestra única. En todos los casos, el conteo de microorganismos se realizó por triplicado.

Para la determinación de las poblaciones de *Phytophthora* sp., se utilizó la técnica de diluciones seriadas y se empleó un medio selectivo que contenía PDA como base, pimarcina y hemaxizol. Al cabo de cuatro días se contaron las unidades formadoras de colonias y se multiplicaron por la concentración de la dilución utilizada, posteriormente se modificaron utilizando una función logarítmica base 10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados demostró que se presentaron diferencias entre los tratamientos para las variables germinación, peso radical, altura total de la planta y el diámetro del tallo a nivel del suelo; mientras que no existieron diferencias para la variable severidad. Las variables relacionadas con el vigor de la planta, (diámetro del tallo a nivel del suelo, altura total de la planta y peso radical) presentaron un comportamiento similar como respuesta al efecto de los tratamientos (Figuras 1 y 2).

El testigo inoculado, por su ubicación, dividió los tratamientos en dos grupos: uno superior y otro inferior con relación a las dimensiones promedio. La enmienda orgánica estuvo presente en todos los tratamientos del grupo superior, mientras que estuvo ausente en los tratamientos que conformaron el grupo inferior.

En cuanto a la variable germinación (Figura 3), el tratamiento que tuvo mayor germinación fue el testigo inoculado (78%), presentando diferencias significativas con relación a todos los demás tratamientos, lo que indica que todos los tratamientos evaluados tuvieron algún efecto negativo sobre la germinación, siendo los tratamientos S+Q; Q y S, los que menos la afectaron. Los tratamientos asociados con la aplicación de la enmienda orgánica fueron los que presentaron los menores valores de germinación.

Con relación al efecto de los tratamientos sobre la severidad de la enfermedad, la Figura 4 muestra que los

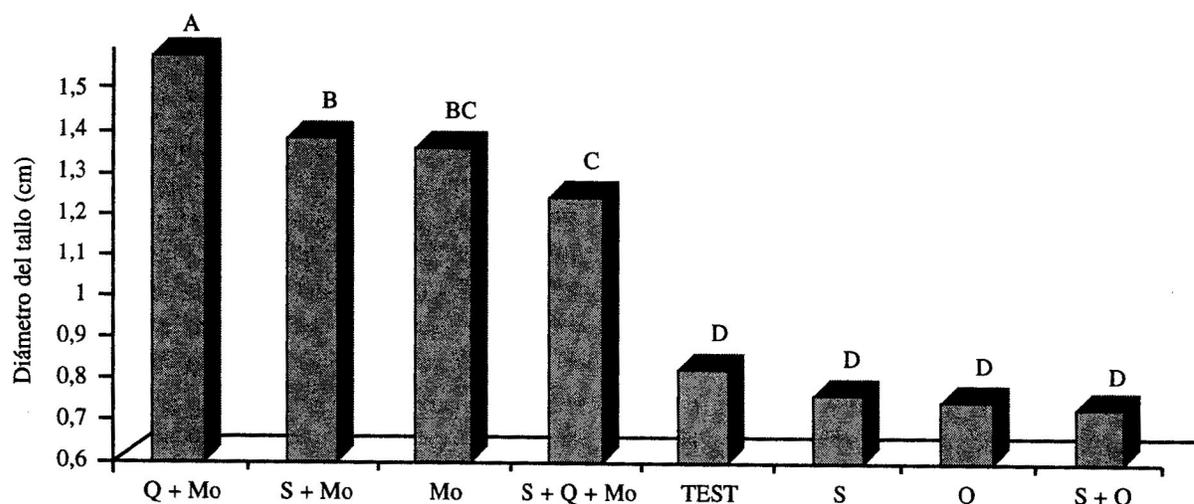


Figura 1. Análisis de diferencias mínimas significativas del efecto de los tratamientos sobre la variable diámetro del tallo a nivel del suelo (cm) para la variedad hawaiana, a nivel de vivero, Alajuela, Costa Rica, 1995.

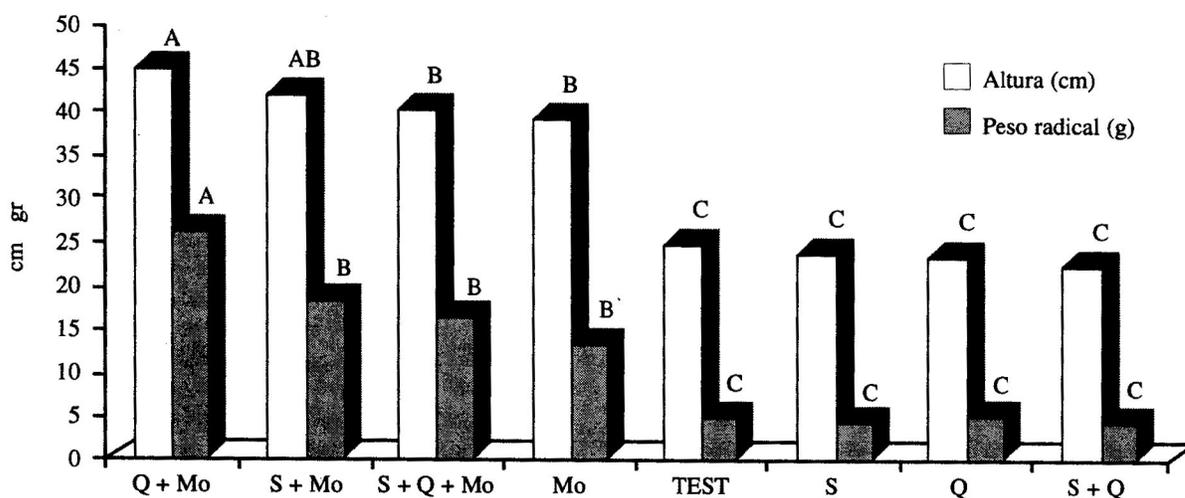


Figura 2. Análisis de diferencias mínimas significativas del efecto de los tratamientos sobre las variables altura total de la planta de papaya (cm) y peso radical (g) para la variedad hawaiana, a nivel de vivero, Alajuela, Costa Rica, 1995.

tratamientos Solarización (26,25%); Químico + Enmienda orgánica; Químico (21,71 %) y en especial la combinación Solarización + Químico (12,29%), provocaron alguna reducción de la severidad de la enfermedad con respecto al testigo inoculado (30,43%), aunque no se presentaron diferencias significativas entre ellos. Todos los tratamientos que contenían la enmienda orgánica aumentaron la severidad de la enfermedad con relación al testigo inoculado.

Para todas las variables evaluadas, la presencia de la enmienda orgánica provocó diferencias entre la presencia o ausencia de la misma (Cuadro 1). Aquellos

tratamientos donde se aplicó, presentaron índices de vigor del doble, mientras que la germinación se redujo en una tercera parte. Además, este factor se relacionó con las plantas más enfermas.

En resumen, la enmienda orgánica indujo mayor vigor en las plantas, redujo la germinación y está relacionado con la presencia de las plantas más enfermas. En contraposición, aquellos tratamientos en que se aplicó la solarización (S), el químico (Q) y especialmente su combinación (S+Q), presentaron los menores índices de vigor, así como el segundo mejor porcentaje de germinación y el tratamiento con las plantas más sanas.

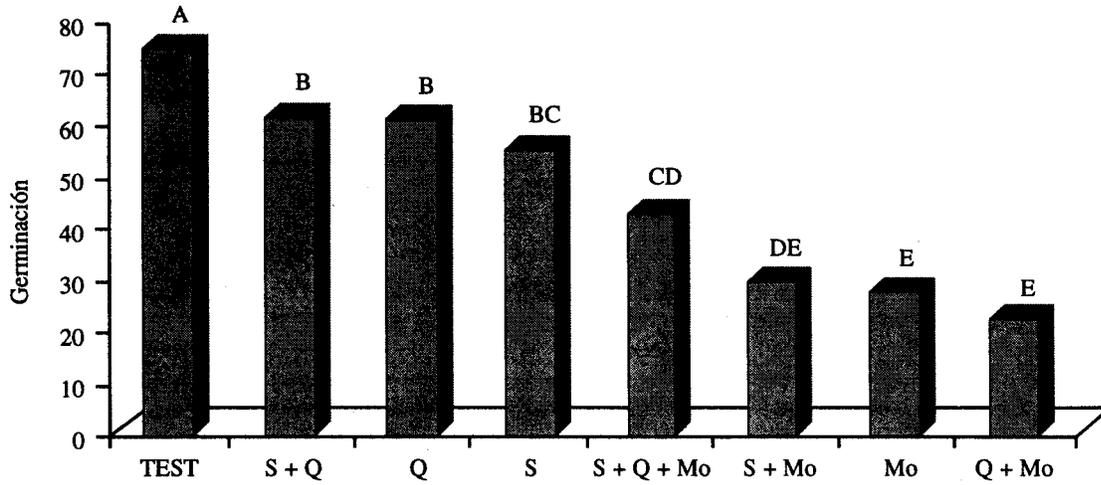


Figura 3. Análisis de diferencias mínimas significativas del efecto de los tratamientos sobre la germinación de la papaya (%) en la variedad hawaiana Solo Sunrise, Alajuela, Costa Rica, 1995.

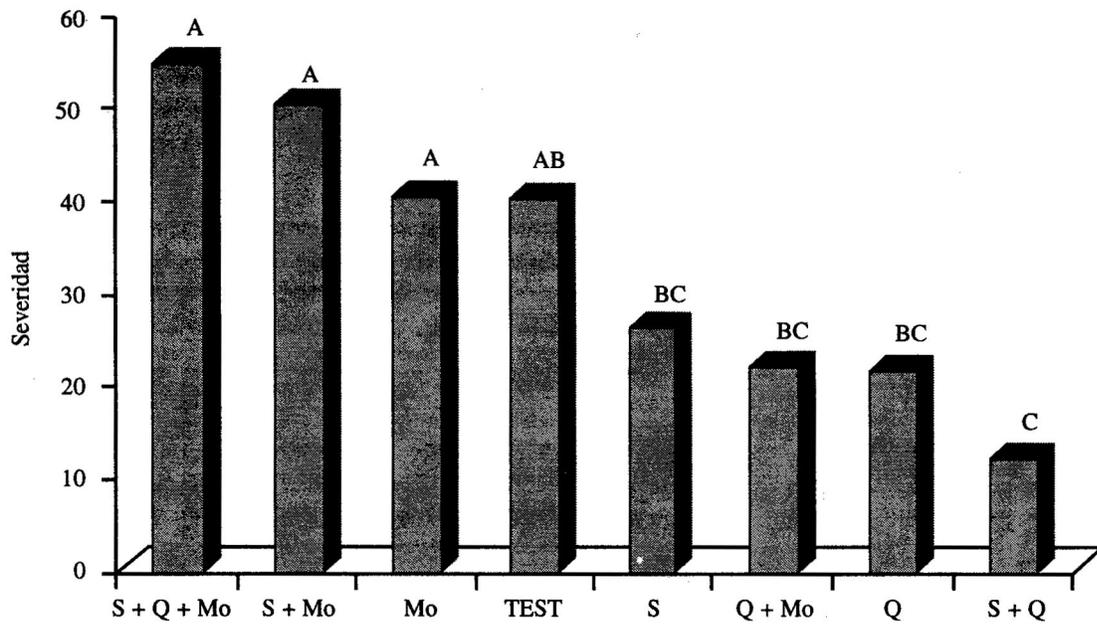


Figura 4. Análisis de diferencias mínimas significativas del efecto de los tratamientos sobre la severidad de la producción radical de la papaya (*Phytophthora* sp.) a nivel de vivero, en la variedad hawaiana Solo Sunrise, Alajuela, Costa Rica, 1995.

Cuadro 1. Efecto de la presencia y ausencia de la enmienda orgánica sobre las diferentes variables evaluadas en la papaya hawaiana, en Alajuela, Costa Rica, 1995.

	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Severidad (%)	Peso radical (g)	Germinación (%)
Presente	1,22	41,57	42,08	18,80	29,91
Ausente	0,76	23,65	25,16	4,96	62,91

Proceso de solarización

Con relación a las condiciones generadas como consecuencia de los tratamientos de solarización, el Cuadro 2 muestra la cantidad de radiación solar recibida por cada uno de los tratamientos que involucraban solarización. Como se observa, los tratamientos recibieron diferente cantidad de radiación solar, a pesar de que el periodo de solarización fue igual para todos; esto se presentó como consecuencia de haberse realizado en periodos diferentes, dada la necesidad de que todos los tratamientos concluyeran al mismo tiempo; esto provocó cierto desfase en los tratamientos combinados.

Cuadro 2. Energía solar recibida por los diferentes tratamientos durante el período de solarización del suelo, en el cantón de Alajuela, Costa Rica, 1995.

Tratamientos	Radiación solar (cal/m ²)
S	11,073
S+Mo	11,967
S+Q	12,280
S+Q+Mo	11,793

El tratamiento Solarización + Químico, que fue el que más redujo la severidad de la enfermedad, también fue el que recibió la mayor cantidad de radiación solar.

En el Cuadro 3 se observan las temperaturas registradas en los tratamientos de solarización. La temperatura a los cinco cm de profundidad alcanzó valores muy altos (cerca o superiores a los 40°C) y ésta tendió a decrecer a profundidades mayores.

La temperatura fue en aumento conforme transcurrieron mayor número de días de solarización y la máxima por lo general se registró entre los 15 y 20 días del proceso, con una tendencia a reducirse al final del periodo de solarización. La diferencia de temperatura que se presentó entre el suelo solarizado y el que no recibió solarización, alcanzó valores que fluctuaron entre los 10°C y 13 °C a una profundidad de cinco centímetros.

Aspectos microbiológicos

Según se muestra en la Figura 5, se presentó un comportamiento similar entre el desarrollo de la enfermedad y las colonias de *Phytophthora sp.* contabilizadas en las muestras de suelo. De hecho, cada vez que existieron incrementos en la severidad radical, se

Cuadro 3. Variación de las temperaturas del suelo en los diferentes tratamientos en los que se realizó la solarización del suelo, a tres profundidades diferentes, Alajuela, Costa Rica, 1995.

D.A.S	S+Q			Testigo		
	5cm	10 cm	15 cm	5cm	10 cm	15 cm
15	31,00	28,33	24,67	26,33	22,33	23,00
21	38,67	32,33	28,67	28,83	25,33	24,00
25	30,00	28,67	27,00	26,83	24,83	23,83
28	36,50	34,33	29,33	27,67	25,00	24,67
31	32,67	30,33	28,67	27,00	24,50	25,00
		S			Testigo	
8	37,33	31,00	28,67	24,50	24,50	23,00
14	39,83	34,67	29,50	26,33	25,00	24,00
20	34,50	28,00	27,00	26,28	23,35	23,17
30	37,83	30,33	29,33	24,33	24,00	23,00
		S+Mo			Testigo	
8	31,33	29,33	29,00	24,67	23,33	21,67
14	39,83	34,67	29,50	28,83	25,33	24,00
20	34,67	29,50	28,50	26,83	24,83	23,83
30	33,67	29,33	27,67	27,00	24,50	25,00
		S+Q+Mo			Testigo	
6	28,0	27,16	27,16	25,00	24,00	24,30
11	30,30	30,60	29,00	29,50	25,50	24,50
16	37,80	32,70	29,00	29,50	25,70	22,70
22	44,70	36,70	28,20	32,00	28,20	26,00
30	28,30	26,60	26,70	26,30	22,30	23,00

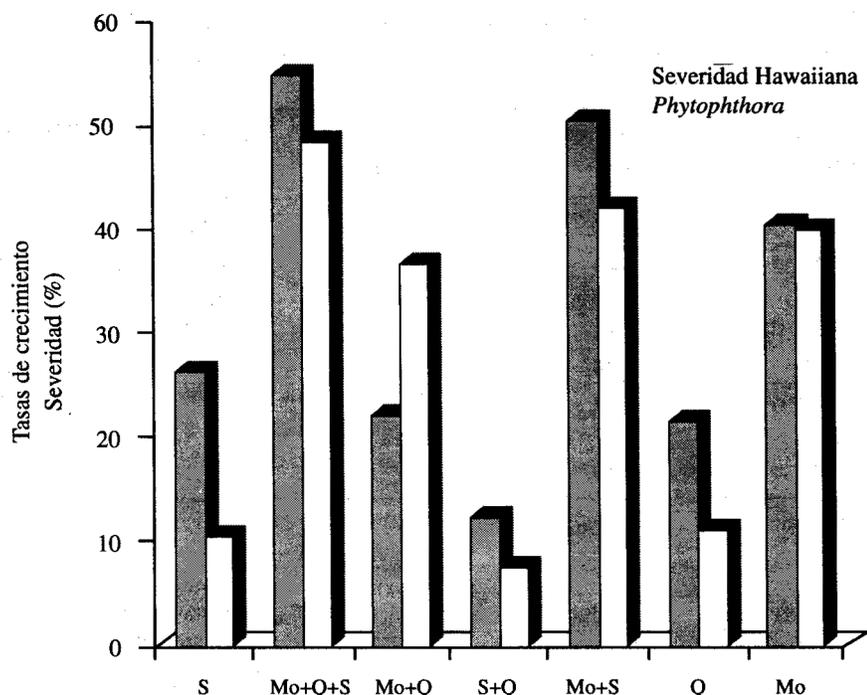


Figura 5. Relación entre las tasas de crecimiento poblacional de *Phytophthora* sp. y la severidad de la pudrición radical (%) para cada uno de los tratamientos evaluados en plantas de papaya hawaiana a nivel de vivero, Alajuela, Costa Rica, 1995.

Phytophthora sp., lo cual se vio reflejado con los valores positivos de las tasas de crecimiento.

Los análisis de correlación y el coeficiente de R2 entre las tasas de crecimiento de *Phytophthora* y la severidad de la enfermedad presentaron valores de 0,84 y 0,70 respectivamente, los cuales indican que existe una estrecha relación lineal entre la severidad de la pudrición radical (%) y las tasas de crecimiento poblacional de *Phytophthora* sp. en el suelo. Los valores más altos de las tasas de crecimiento poblacional del patógeno se obtuvieron en aquellos tratamientos que contenían enmienda orgánica. Los valores más bajos por su parte, se presentaron en los tratamientos individuales de solarización y tratamiento químico, siendo su combinación el que obtuvo la menor población del patógeno, así como también la menor severidad de la enfermedad.

Por otra parte, la población de *Phytophthora* sp. en el suelo, presentó altos valores de correlación inversa o negativa con respecto a los protozoarios (Cuadro 4), sugiriendo esto que al incrementarse la severidad de la enfermedad, las poblaciones de protozoarios se encuentran bajas o que una alta población de protozoarios provoca una baja población de *Phytophthora* sp.

Cuadro 4. Correlación y coeficientes R2 entre las tasas de crecimiento poblacional de *Phytophthora* sp. y los demás microorganismos muestreados en los tratamientos realizados para su combate, Alajuela, Costa Rica, 1995.

Microorganismo	Correlación	Coefficiente r ²
Protozoarios	-0,78	0,61
Hongos	0,58	0,33
Bacterias	-0,47	0,22
Actinomicetos	0,05	0,002

Con relación al efecto de los tratamientos sobre las poblaciones de microorganismos, se obtuvo que sólo el tratamiento completo (S+Q+Mo) redujo las poblaciones de protozoarios (Cuadro 5); los tratamientos Q+Mo y S+Mo no influyeron en las poblaciones, de tal manera, que las tasas de crecimiento poblacional obtuvieron valores de cero.

Los tratamientos S y S+Q provocaron el incremento de todos los microorganismos, siendo este último tratamiento el que más estimuló el desarrollo de

Cuadro 5. Porcentajes de crecimiento poblacional de cada uno de los microorganismos según el tratamiento evaluado para el combate de *Phytophthora sp.*, en papaya hawaiana, variedad Solo Sunrise, a nivel de vivero, Alajuela, Costa Rica, 1995.

Tratamientos	Hongos (Tc*)	Bacterias (Tc*)	Actinomicetos (Tc*)	Protozoarios (Tc*)	<i>Phytophthora sp.</i> (Tc*)
Testigo	4,12	6,50	6,12	12,02	37,45
S	11,83	2,24	4,78	41,18	10,54
Q	6,78	6,78	-19,44	82,35	11,05
Mo	18,12	18,12	10,49	20,59	40,12
Q+Mo	25,76	-10,24	-29,46	0	36,80
S+Mo	39,09	4,19	13,89	0	42,30
S+Q	31,90	11,87	11,11	241,18	7,53
S+Q+Mo	36,47	-23,45	0	-41,18	48,69

* Porcentaje de crecimiento: ((Lectura final- Lectura inicial)/Lectura inicial)*100.

protozoarios, con más del 240% de incremento. El producto químico por su parte, sólo afectó el desarrollo de los actinomicetos, no mostrando efectos perjudiciales sobre hongos, bacterias, ni protozoarios.

LITERATURA CITADA

- ALEXANDER, M. 1977. Introduction to soil Microbiology. 2 ed. New York, U.S.A., Editorial Wiley, 467 p.
- CORRALES, A. 1989. Efecto de la materia orgánica en el combate de la pudrición basal del chile dulce (*Capsicum annum L.*) causada por *Phytophthora capsici L.* Tesis Lic., Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- ERWIN, D.e.; BARTNICKI-GARCIA, S. 1983. *Phytophthora sp.*: Its biology, taxonomy, ecology and pathology. APS-Press, U.S.A., 392 p.
- HERRERA, W. 1986. Clima de Costa Rica. In: Vegetación y clima de Costa Rica, Tomo 2. Ed por L.D.Gómez. San José, Editorial UNED.
- HOITINK, H.A. 1976. Survival of some plant pathogens during composting of hardwood tree bark. Phytopathology 66: 1369-1372.
- HUBER, D.M.; WATSON, R.D. 1970. Effect of organic amendment on soil-borne plant pathogens. Phytopathology 60 : 22-26.
- KATAN, I. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. Plant disease 64(5):450-454.
- KATAN, I.; GREENBERGER, A.; ALON, H; GRINSTEIN, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of disease caused by soil-borne pathogens. Phytopathology 66:683 -688.
- MADRIZ, M. 1987. Combate integrado del mal del talluelo causado por *Fusarium sp.* y *Rhizoctonia sp.* en semilleros de café mediante el calentamiento solar del suelo y el antagonismo de *Trichoderma harzianum*. Tesis Lic., Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 82p.
- MESÉN, R. 1987. Combate integrado de *R. solani* con calentamiento solar al suelo y el antagonista *T. harzianum* en coliflor (*Brassica oleraceas* var. Botritis). Tesis Lic. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 47p.
- MORA, D.; MORALES, F. 1980. Etiología de la pudrición radical de la papaya en Costa Rica. Agronomía Costarricense 4 (2): 191-193.
- NAVARRO, J.R.; MORA, D.; DIAZ, J.; VILCHEZ, H.; CORRALES, E. 1991. Efecto de la solarización del suelo sobre la población de malezas y del hongo *Rhizoctonia solani*, durante la estación lluviosa en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense 15 (1-2): 93-98.
- NESSBITT, H.J.; MALAJCZUK, N.; GLENN, A.R. 1979. Effect of organic matter on the survival of *Phytophthora cinnamomi* in soil. Soil Biol. Biochem. 11: 133-136.
- PINKAS, Y.; KARIV, A.; KATAN, J. 1984. Soil solarization for the control of *Phytophthora cinnamomi*, thermal and biological effects. Phytopathology 74: 796.
- WHEELER, J.E.; HINE, R.B.; BOYLER, A.M. 1970. Comparative activity of Dexon and Terrazole against *Phytophthora sp.* and *Pythium sp.* Phytopathology 60:561-562.
- ZENTMYER, G.A. 1963. Biological control of *Phytophthora* root rot of avocado with alfalfa meal. Phytopathology 53: 1383-1387.