

DETERMINACION DE LAS RAZAS FISIOLÓGICAS DE LA ROYA (Uromyces phaseoli (Pers.)
Wint. var. phaseoli) PRESENTES EN CIERTAS ZONAS FRIJOLERAS DE COSTA RICA Y
EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE ALGUNOS CULTIVARES SELECCIONADOS POR EL PRO-
GRAMA DE CULTIVOS ALIMENTICIOS DEL IICA

ORTON MEMORIAL
LIBRARY

21 OCT 1966

IIAS

Por

ROBERTO G. CHRISTEN VERDEGUER

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Octubre, 1966

DETERMINACION DE LAS RAZAS FISIOLÓGICAS DE LA ROYA (Uromyces phaseoli (Pers.)
Wint. var. phaseoli) PRESENTES EN CIERTAS ZONAS FRIJOLERAS DE COSTA RICA Y
EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE ALGUNOS CULTIVARES SELECCIONADOS POR EL PRO-
GRAMA DE CULTIVOS ALIMENTICIOS DEL IICA

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar el grado

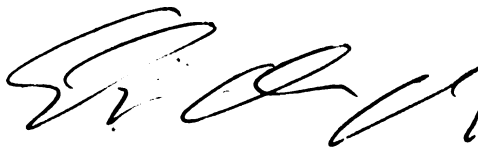
de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



Eddie Echandi Z., Ph.D.

Consejero



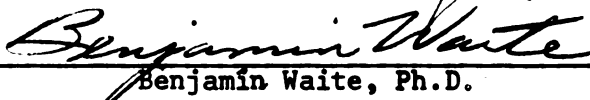
Carl C. Moh, Ph.D.

Comité



Leonce Bonnefil, M. S.

Comité



Benjamin Waite, Ph.D.

Comité

Octubre, 1966

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento al Consejero Principal, Dr. Eddie Echandi, por su constante orientación y participación directa en el planeamiento y ejecución de la presente investigación. A los miembros del Comité Consejero, Drs. Carl C. Moh, Leonce Bonnefil y Benjamin Waite por su asesoramiento.

A la Organización de Estados Americanos por haberme proporcionado la oportunidad de efectuar el presente estudio, y a toda persona que en una u otra forma contribuyó en la realización de este trabajo.

BIOGRAFIA

El autor del presente trabajo nació en la ciudad de La Oroya, Departamento de Junín, Perú en el año 1939.

Cursó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio Markham en Lima, egresando de éste en diciembre de 1956.

Realizó sus estudios universitarios en la "University of Southwestern Louisiana", Estados Unidos de Norteamérica, graduándose como "Bachelor of Science" en febrero de 1963.

En setiembre de 1963 ganó una beca del Gobierno Francés para asistir al Laboratorio de Patología Vegetal del "Institut National Agronomique" en París, Francia.

En setiembre de 1964 ingresó a la Escuela para Graduados del IICA, en la Disciplina de Fitotecnia y Suelos, Departamento de Fitopatología, finalizando sus estudios en octubre de 1966.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	2
Razas del hongo <u>Uromyces phaseoli</u> var. <u>phaseoli</u>	2
Algunos factores del medio ambiente que afectan las relaciones hospedero parásito.....	3
Temperatura	3
Luz	4
Edad del hospedero	4
Concentración de inóculo	4
Hojas primarias versus hojas trifoliadas	5
Longevidad de las uredosporas en almacenamiento	5
Algunos sistemas utilizados para medir la reacción de las plantas de frijol al ataque de la roya	6
MATERIALES Y METODOS	8
Evaluación de la resistencia de los cultivares seleccionados por el Programa Cultivos Alimenticios del IICA	15
RESULTADOS EXPERIMENTALES	16
Identificación de las razas fisiológicas de roya	16
A. Prueba de invernadero	16
B. Pruebas de campo	21
Evaluación de la resistencia en los cultivares seleccionados por el Programa de Cultivos Alimenticios del IICA	22

	<u>Página</u>
DISCUSION	24
Evaluación de la resistecnia en los cultivares seleccionados por el Programa de Cultivos Alimenticios del IICA	25
RESUMEN	28
SUMMARY	29
LITERATURA CITADA	30

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadros</u>		<u>Página</u>
1	Grados de infección producidos por las razas del hongo <u>U. phaseoli</u> var. <u>phaseoli</u> en los cultivares diferenciales de frijol	13
2	Razas de roya identificadas en el invernadero	18
3	Razas de roya identificadas en el campo	21
4	Reacción a la roya de los cultivares seleccionados por el Programa de Cultivos Alimenticios del IICA. Esta prueba se llevó a cabo en Los Angeles de Tilarán, Alajuela, Turrialba y San Isidro del General	23

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Instrumento utilizado para coleccionar esporas de <u>U. phaseoli</u> var. <u>phaseoli</u>	9
2	Escala usada para medir el tamaño de las pústulas producidas por la roya en el frijol	12
3	Mapa de la distribución de las razas fisiológicas de roya en Costa Rica	27

INTRODUCCION

La roya del frijol, causada por el hongo Uromyces phaseoli (Pers.) Wint. var. phaseoli, es una de las enfermedades más serias del cultivo del frijol en Costa Rica. El hongo produce trastornos en la planta que repercuten en la disminución de la producción, provocando en casos extremos la defoliación total de la planta.

Muchos autores han establecido la existencia de razas fisiológicas del hongo; en los Estados Unidos de Norte América, por ejemplo, se han determinado 34 razas (7, 10, 12, 14, 15, 23), y en México se han identificado 31 razas fisiológicas (2).

La identificación de las razas fisiológicas de U. phaseoli var. phaseoli está basada en la reacción de una serie de cultivares de frijol conocidos como diferenciales.

En Costa Rica hasta el momento no se han determinado las razas fisiológicas existentes en el país. Este hecho motivó a realizar el presente trabajo. Los objetivos de este trabajo son:

1. Identificar las razas fisiológicas del hongo Uromyces phaseoli (Pers.) Wint. var. phaseoli existentes en Costa Rica.
2. Determinar el comportamiento respecto a la roya de los cultivares seleccionados por su amplio rango de adaptabilidad, rendimiento y resistencia a las enfermedades, en el programa de Cultivos Alimenticios del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.

REVISION DE LITERATURA

Razas del hongo *Uromyces phaseoli* var. *phaseoli*:

Fromme y Wingard en 1921 (9) informaron sobre la posible ocurrencia de dos razas del hongo causante de la roya en el frijol. Una en los Estados Unidos de Norte América y la otra en Sur-América. En 1935 Harter, Andrus y Zaumeyer (13) informaron de la existencia de dos razas fisiológicas del hongo. En 1939 Harter (11) anunció la existencia de trece razas fisiológicas. Harter y Zaumeyer (12) en 1941 propusieron un método para la identificación de las razas fisiológicas del hongo causante de la roya del frijol y distinguieron 20 razas. Este método de identificación se basa en el tamaño de las pústulas que ocurren después de 14 días de inoculado el hospedero.

Estos mismos autores establecieron que no debe esperarse una alta semejanza entre los experimentos de determinación de razas fisiológicas, puesto que las condiciones ambientales tienen cierta influencia en los grados de infección.

Usando el sistema de identificación desarrollado por Harter y Zaumeyer, Fisher (7) identificó las razas 21 a la 30, Sappenfield (15) la raza 31 y Zaumeyer (23) la raza 32. Hikida (14) la raza 33 y Goode (10) la raza 34.

En 1962, Davison y Vaughan (4) propusieron un método simplificado para la identificación de las razas fisiológicas de *U. phaseoli* var. *phaseoli* en el cual utilizaron 5 grados de infección en lugar de los 11 usados por Harter y Zaumeyer. El sistema usado por Davison y Vaughan reduce el margen de error y permite una observación más rápida. Los grados considerados en este sistema son:

Grado 1: Inmunidad total; no aparecen manchas necróticas ni otro signo de infección. (Equivale al grado 0 en el sistema Harter y Zaumeyer).

Grado 2: Manchas necróticas con ausencia de soros y esporas, las manchas pueden variar en forma y tamaño de acuerdo a la reacción hospedera parásito. (Equivale al grado 1 en el sistema Harter y Zaumeyer).

Grado 3. Pústulas con un diámetro medio igual o menor a 300μ . (Agrupa los grados 2, 3 y 4 del sistema Harter y Zaumeyer).

Grado 4: Pústulas con un diámetro medio de 301μ hasta 500μ . (Agrupa los grados 5, 6, 7 y 8 del sistema empleado por Harter y Zaumeyer).

Grado 5: Pústulas con un diámetro medio igual o mayor a 501μ . (Agrupa los grados 9 y 10 del sistema Harter y Zaumeyer).

Davison (3) efectuó la conversión numérica de todas las razas existentes a su nuevo sistema. Asimismo introdujo la escala graduada para determinar las razas de roya en el frijol "Bean Rust Grading Scale".

En México los trabajos de Crispin y Dongo (2) efectuados en 1962 resumen a 31 el total de razas fisiológicas encontradas en ese país, los cultivares diferenciales usados en México no fueron los mismos que se utilizaron en los Estados Unidos de Norte América.

Algunos factores del medio ambiente que afectan las relaciones hospedero parásito:

Temperatura:

Wei (18) encontró que en cultivares de frijol altamente resistentes o altamente susceptibles a una raza dada de U. phaseoli var. phaseoli, la

temperatura no tiene influencia en el tipo de infección. Sin embargo, en el caso de un hospedero de reacción intermedia, la temperatura podría causar cambios en el tipo de infección.

El tipo normal de pústulas ocurre a los 20°C, temperatura que según Wei es la óptima para el hospedero. A temperatura de 16°C y 28°C las pústulas son mayores, indicando así un incremento en la susceptibilidad.

Schein (16) describió la ocurrencia de manchas necróticas en vez de pústulas en el cultivar Pinto 111 (# U.S. 650), cuando estas plantas se mantuvieron a 32°C (90°F) por 7 días.

Luz:

Wei (18) menciona que la luz es esencial durante el período de penetración. Una reducción en la intensidad lumínica, aumenta el período de incubación.

Edad del hospedero:

Según Wei (16), en las royas, cuando el tejido del hospedero es viejo, la infección tiende a disminuir. No así en el caso de la roya del frijol, ya que entre las hojas viejas y las jóvenes no se encuentra diferencia entre el grado de infección.

Concentración de inóculo:

Yarwood (22) en 1956 encontró que el incremento sobre cierto límite de las esporas en suspensión reduce el porcentaje de germinación de las uredosporas, pero aumenta la longitud del tubo germinativo. Asimismo observó que el mayor número de uredosporas de U. phaseoli germina a 25°C. Yarwood (21) observó que en agar-agua, hubo un incremento en la germinación de uredosporas

cuando el número se redujo de 19.000 a 1.100 esporas por cm^2 . Wilson (19) asimismo, encontró un aumento en la germinación cuando el número de esporas se redujo de 435.000 a 66.000 por centímetro cuadrado.

Según Davison y Vaughan (5) el número promedio de pústulas aumentó cuando la concentración de uredosporas se llevó de 10.000 a 270.000 por mililitro de suspensión, asimismo, encontró que conforme el número de pústulas aumenta, el tamaño de éstas decrece.

Según estos autores (5) la concentración de esporas a usarse en las inoculaciones no debería sobrepasar de 20.000 uredosporas por ml.

Hojas primarias versus hojas trifoliadas:

Harter y Zaumeyer (12) utilizaron en su trabajo con la roya del frijol hojas primarias en lugar de hojas trifoliadas puesto que las primarias podían inocularse 7 a 10 días antes que las trifoliadas. Schein (16) usó hojas trifoliadas en lugar de las primarias, explicando que en las hojas primarias no se obtienen reacciones típicas de infección. Davison (3) en un estudio comparativo entre hojas primarias y trifoliadas, encontró que cuando se usan los cultivares diferenciales, la reacción es la misma tanto en hojas primarias como en las trifoliadas, pero que en muchos de los cultivares comerciales existe diferencia entre la reacción de las hojas primarias y las trifolidas. Basándose en esto, Davison (3) recomendó las hojas primarias para la determinación de razas fisiológicas y las primarias y trifoliadas en las pruebas de resistencia de los cultivares.

Longevidad de las uredosporas en almacenamiento:

Schein (17) estudió en 1962 la germinación de las esporas de U. phaseoli var. typica almacenadas a diferentes temperaturas (23°C , -13°C , -16°C y -60°C),

él encontró que las esporas conservadas a -60°C mantuvieron un porcentaje de germinación de 40% después de 670 días; se obtuvieron niveles de germinación sobre 70% si éstas esporas eran hidratadas por un período de 96 horas. Las esporas conservadas a las demás temperaturas murieron en un período de 1 a 5 meses. Por otro lado Davison y Vaughan (6) en un estudio sobre almacenamiento a temperaturas de 4°C y -18°C , observaron que a -18°C se pueden conservar las uredosporas por un período hasta de 600 días con un porcentaje de germinación de 16%. Estos autores indican que es importante almacenar las uredosporas a las pocas horas de ser recolectadas para evitar una reducción en la germinación.

Algunos sistemas utilizados para medir la reacción de las plantas de frijol al ataque de la roya:

Hay varios sistemas para medir la resistencia o susceptibilidad de las plantas de frijol al ataque de la roya. Fromme y Wingard (8) en 1918 clasificaron 80 cultivares de frijol de acuerdo a la susceptibilidad a la roya, bajo condiciones de campo y reconocieron 4 grupos: sin roya; a prueba de roya; resistentes a la roya; susceptibles a la roya.

Más tarde estos mismos autores (9) modificaron el método original usando un cultivar susceptible como patrón, y expresando la susceptibilidad de 64 cultivares probados por ellos, en términos del susceptible, tomando el tamaño promedio de las pústulas como índice.

Wingard (20), clasificó en tres grupos las reacciones de las plantas a la roya: a) Plantas inmunes; b) Plantas que muestran manchas necróticas causadas por la reacción de la hipersensitividad y c) Plantas sobre las cuales se producen pústulas fértiles.

Harter, Andrus y ^Z ~~S~~ ~~a~~ ~~u~~ ~~m~~ ~~e~~ ~~y~~ ~~e~~ ~~r~~ (13) en las pruebas de resistencia usaron un sistema de clasificación que va de 0 a 10, donde 0 denota inmunidad y 10 la máxima susceptibilidad.

Wei (18) utilizó la siguiente escala: 0, 1, 2, 3, 4, y X. El grado 0 representa inmunidad; el hongo no pudo establecerse dando como resultado manchas necróticas. El grado 1 indica que las pústulas van de 150 μ a 300 μ de diámetro con o sin halo clorótico. Las pústulas de 250 μ a 500 μ comúnmente asociadas con halos cloróticos fueron asignadas al grado 3. En el grado 4 las pústulas son grandes y muestran soros secundarios 6 a 8 días después de la aparición de los soros primarios. El grado X se refiere a varios tipos de infección, causados por una misma raza del hongo en una hoja.

MATERIALES Y METODOS

Para la determinación de las razas fisiológicas del hongo U. phaseoli var. phaseoli se procedió a recoger hojas afectadas por la roya, tratando de que la muestra fuera lo más representativo posible de la enfermedad en el campo. El material fue colectado en las siguientes localidades: Turrialba 3 cepas, Alajuela 8 cepas, San Isidro del General 2 cepas, Cartago 3 cepas y en Guanacaste 1 cepa.

Las hojas se colocaron en bolsas plásticas para su acarreo al laboratorio, en donde se procedió a extraerles las esporas utilizando una bomba portátil eléctrica de presión-vacío para succionar las esporas. En la Figura 1 aparece un modelo del aparato diseñado para tal propósito. Las esporas colectadas se guardaron en cápsulas de gelatina, las que a su vez se mantuvieron en tubos de ensayo de 75 x 10 mm tapados con corchos. Estos tubos se introdujeron en otros de 175 x 22 mm que contenían cloruro de calcio para absorber la humedad. Finalmente estos tubos fueron guardados en el compartimiento de congelación (-12°C) de una refrigeradora. Siempre se trató de que el período de almacenamiento de las esporas no fuera mayor de dos meses.

Para eliminar posibles agentes inhibidores (1, 19) se hizo una suspensión de 20.000 a 40.000 uredosporas por mililitro de agua destilada esterilizada (5), esta suspensión se dispensó en erlenmeyers de 200 ml. de capacidad, y se agitó por espacio de dos horas en un agitador horizontal de movimiento constante. Luego se filtró el líquido a través de papel filtro Whatman Nº 1, las esporas que quedaron retenidas en el papel filtro se lavaron con 100 ml. de una solución acuosa al 0.01% de Tritón X-114 (el Tritón

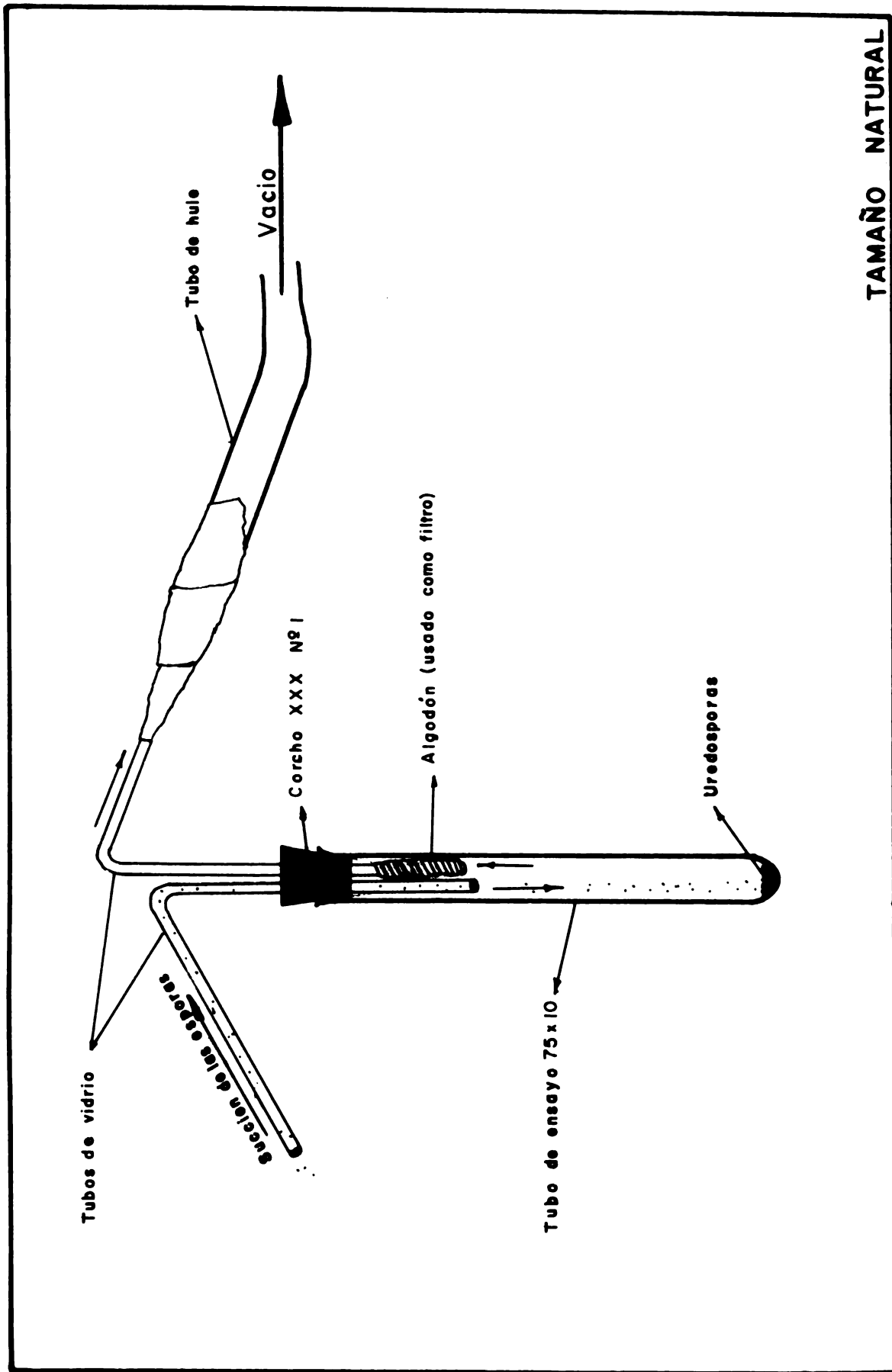


Figura 1. Instrumento utilizado para coleccionar esporas de U. phaseoli var. phaseoli.

servió como agente humectante). La suspensión obtenida en esta forma sirvió como fuente de inóculo.

Para la determinación de las razas fisiológicas, se efectuaron inoculaciones utilizando 10 ml. de la suspensión de esporas para cada 5 plantas. Se utilizaron 7 cultivares diferenciales y 5 plantas por diferencial; lo cual nos dió un total de 35 plantas para la determinación de cada cepa. En el proceso de inoculación se empleó una bomba portátil eléctrica y un atomizador "De Vilbiss Nº 15", la boquilla del atomizador se mantuvo aproximadamente a 30 cm. de las plantas, con lo cual se logró una atomización uniforme sin llegar al escurrimiento.

La suspensión de esporas se aplicó tanto en el haz como en el envés de las hojas primarias. Después de efectuada la inoculación, las plantas se colocaron en cámaras húmedas, donde permanecieron por un período de 16 a 18 horas en un ambiente de 100% de humedad relativa (3, 12). La temperatura de las cámaras varió de 21°C a 27°C lo cual se encuentra entre los límites indicados por Wei (18). De las cámaras las plantas fueron llevadas a un invernadero, y como la luz era un factor de importancia en el período de penetración del hongo se cuidó de que las plantas no estuviesen en lugares sombreados. Catorce días después de la inoculación se procedió a efectuar las lecturas de infección.

Las lecturas se efectuaron utilizando el método sugerido por Davison (3), que consiste en emplear 2 fotografías de puntos; en una los puntos tienen un diámetro de 300 μ y en la otra 500 μ . Para efectos de este trabajo los patrones se hicieron con un papel "Craf-Tone Pattern Nº 91" reducido con un máquina de fotocopias, hasta obtener copias con puntos de 503 μ y 297 μ de diámetro,

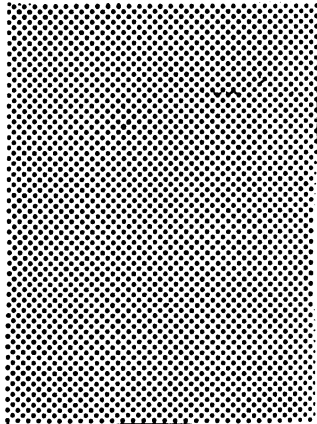
que se emplearon como patrones de la escala. Para las lecturas se obtuvieron dos hojas primarias de cada planta, dando un total de 10 hojas por diferencial. En cada hoja se midieron 20 pústulas y se clasificaron de acuerdo al sistema revisado de Davison (3), cuyas características son las siguientes:

- Grado 1: Inmunidad
- Grado 2: Manchas Necróticas
- Grado 3: Pústulas 300 μ o menores
- Grado 4: Pústulas 301 μ - 499 μ
- Grado 5: Pústulas 500 μ o mayores

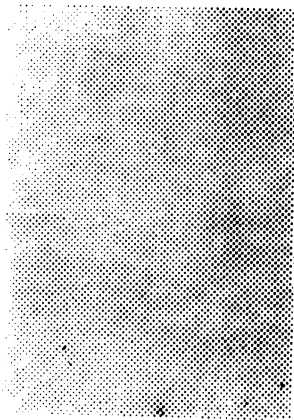
El grado final fue el resultado de 10 lecturas obtenidas en cada diferencial. Todos los datos fueron tomados el mismo día que se desprendieron las hojas.

En las pruebas efectuadas en el campo, se sembraron los cultivares diferenciales y los seleccionados por el Programa de Cultivos Alimenticios del IICA en las siguientes localidades: Turrialba, Los Angeles de Tilarán, San Isidro del General y Alajuela. Estas siembras se efectuaron en plantaciones experimentales y comerciales. Cuando estas plantaciones comenzaban a aflo-
rar, se procedió a sembrar los cultivares diferenciales y los seleccionados. Se escogieron dos surcos de 10 metros de largo, en la plantación. Los surcos se eligieron al azar y se cuidó de que hubiese cierta distancia entre uno y otro, se arrancaron las plantas ya establecidas en dichos surcos y se sembró en ellos los cultivares, a razón de 50 cm. de surco y 7 a 13 plantas por cultivar. Diez días después de la siembra se procedió a inocular los cultivares con una suspensión de esporas procedentes de las plantas afectadas

ESCALA GRADUADA PARA DETERMINAR LAS RAZAS DE ROYA DEL FRIJOL



APROXIMADAMENTE 500 μ .



APROXIMADAMENTE 300 μ .

1- INMUNIDAD.

2- MANCHAS NECROTICAS.

3- PUSTULAS 300 μ o MENORES.

4- PUSTULAS 301 μ - 499 μ .

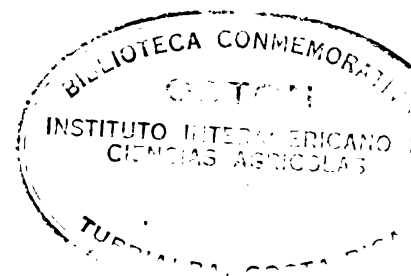
5- PUSTULAS 500 μ o MAYORES.

Figura 2. Escala usada para medir el tamaño de las pústulas producidos por la roya en el frijol.

CUADRO 1. GRADOS DE INFECCION PRODUCIDOS POR LAS RAZAS DEL HONGO U. phaseoli var. phaseoli EN LOS CULTIVARES DIFERENCIALES DE FRIJOL.

(Sistema revisado de Davison (3))

CULTIVARES DIFERENCIALES							
RAZA	U.S. Nº	U.S. Nº	U.S. Nº	U.S. Nº	U.S. Nº	U.S. Nº	GGW
	3	643	650	765	780	814	
1	3	5	5	2	2-3*	2-3	
2	5	4	5	3	2	1	
3	5	3	5	3	2	5	
4	3	2	5	3	3	5	
5	5	5	5	3	2-3	5	
6	$\frac{4}{3}^{**}$	5	5	3	3	5	
7	$\frac{4}{3}$	5	5	3	3	5	
8	$\frac{4}{3}$	2	5	2	3	5	
9	5	5	5	4	3	5	
10	3	2	3	2	2	1	
11	5	5	5	4	4	5	
12	5	5	5	3	3	1	
13	5	4-5	5	5	5	5	
14	3	4	5	3-4	5	5	
15	5	4	5	3	3	5	
16	4	5	5	3	5	5	
17	5	2	5	4	2	1	
18	3	4	5	3	4	4	



CUADRO 1. (Continuación)

CULTIVARES DIFERENCIALES							
RAZA	U.S. Nº 3	U.S. Nº 643	U.S. Nº 650	U.S. Nº 765	U.S. Nº 780	U.S. Nº 814	GGW
19	5	5	5	3	3	4	
20	$\frac{5}{4}$	5	5	$\frac{4}{3}$	5	5	
21	3	4	5	2	3	4	
22	3	4	5	3	4	2	
23	4	4	5	4	5	3	
24	3	3	5	3	3	4	
25	5	4	5	3	5	5	
26	3	4	5	3	5	5	
27	3	2	5	3	5	4	1
28	1	1	1	2	3	1	1
29	4	1	5	2	4	4	4
30	3	5	5	3	5	4	1
31	4	5	5	4	3	3	3
32	$\frac{2}{3}$	1	1	1	2	1	$\frac{3}{5}$
33	5	3	5	3	5	4	5
34	3	2	3-4	2	2	1	4

* Indica pústulas de dos tamaños en la misma hoja.

** El numerador indica el grado que ocurre en el haz y el del denominador el grado del envés de la hoja.

GGW Golden Gate Wax

en esa plantación. Las lecturas se tomaron 14 días después de efectuadas las inoculaciones.

Evaluación de la resistencia de los cultivares seleccionados por el Programa Cultivos Alimenticios del IICA.

La evaluación de los cultivares seleccionados por el Programa Cultivos Alimenticios del IICA, se efectuó mediante el uso de la siguiente escala:

- Grado 0: No hay infección
- Grado 1: Infección muy leve
- Grado 2: Infección moderada
- Grado 3: Infección severa
- Grado 4: Infección muy severa

Se utilizaron 13 cultivares seleccionados por el Programa de Cultivos Alimenticios del IICA por su amplio rango de adaptabilidad, rendimiento y resistencia general a las enfermedades. Los trece cultivares utilizados son: Jamapa, Rico, Porrillo #1, S-182, Compuesto Negro Chimaltenango, Compuesto Cotaxtla, Col-109-R, Col-123, Guateian 6622, S-19-N, S-219-N-1 y S-315-N-2.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Identificación de las razas fisiológicas de roya:

A. Prueba de invernadero:

Los resultados obtenidos en la prueba de invernadero aparecen en el Cuadro 2. Para la identificación de las razas se compararon estos resultados con las lecturas de las 34 razas existentes.

Todas las cepas que mostraron semejanza con una de las razas conocidas, y que no tuviesen una diferencia mayor a un grado por cultivar, se identificaron como una raza. Solamente se toleraron tres cultivares diferenciales con esta diferencia. Siguiendo este criterio se determinaron las siguientes razas:

Turrialba I	Raza 3
Turrialba II	Raza 3
Cartago I	Raza 10
Cartago II	Raza 32
San Isidro I	Raza 22
San Isidro II	Raza 8
Alajuela I	Raza 15
Alajuela II	Raza 15
Alajuela III	Raza 15
Alajuela IV	Raza 15
Alajuela V	Raza 3
Alajuela VI	Raza 3

Cuando la diferencia entre la cepa y la raza a la cual se asemeja fue 2 grados en un solo diferencial, se consideró a esta cepa como un biotipo de

dicha raza. Las siguientes cepas constituyen biotipos de las diferentes razas: La cepa Turrialba III correspondió al biotipo 1 de la raza 3 puesto que esta cepa presentó 2 grados de diferencia en el cultivar 814. La cepa Cartago III asimismo por tener una diferencia de 2 grados con la raza 32 en el cultivar 814 se le consideró como el biotipo 1 de la raza 32. La cepa Guanacaste presentó 2 grados de diferencia con la raza 10 en el cultivar 650 y por lo tanto se le consideró como biotipo 1 de la raza 10. Al comparar la cepa Alajuela VII con la raza 29 se observa que en el cultivar 814 existen 2 grados de diferencia, por lo tanto dicha cepa pasó a ser el biotipo 1 de la raza 29.

Si la diferencia entre una cepa y la raza a la cual se asemeja es de tres grados o más en un solo diferencial, se consideró dicha cepa como una raza nueva. La cepa Alajuela VIII, por presentar 3 grados de diferencia con la raza 29, que es a la que más se asemeja, corresponde a una raza nueva.

CUADRO 2. RAZAS DE ROYA IDENTIFICADAS EN EL INVERNADERO

Cultivares diferenciales	Grados de infección que presentan las colecciones de roya		
	Turrialba I	Turrialba II	Turrialba III
3	4	4-5*	4
643	3	3	3
650	4	4-5	4-5
765	$\frac{2}{3}$ **	3	3
780	2	2	2
814	5	5	3
GGW	2	4	3
Identificada como raza N ^o	3	3	biotipo 1 de la raza 3

Cultivares diferenciales	Grados de infección que presentan las colecciones de roya		
	Cartago I	Cartago II	Cartago III
3	3	3	$\frac{2-3}{3}$
643	1	1	1
650	2	2	1-2
765	2	1	1
780	2	2	2
814	1	1	3
GGW	$\frac{4}{5}$	3-4	4
Identificada como raza N ^o	10	32	biotipo 1 de la raza 32

CUADRO 2. (Continuación)

Cultivares diferenciales	Grados de infección que presentan las colecciones de roya		
	San Isidro I	San Isidro II	Guanacaste
3	3	4	3
643	3	2-3	2
650	5	5	5
765	$\frac{2}{3}$	2	$\frac{2}{3}$
780	3	3	2
814	2	4	1
GGW	1	1	1
Identificada como raza Nº	22	8	biotipo 1 de la raza 10

Cultivares diferenciales	Grados de infección que presentan las colecciones de roya		
	Alajuela I	Alajuela II	Alajuela III
3	4	5	5
643	3	3	3
650	5	5	4
765	3	3	3
780	2-3	3	3
814	4	4	4
GGW	4	3	4
Identificada como raza Nº	15	15	15

CUADRO 2. (Continuación)

Cultivares diferenciales	Grados de infección que presentan las colecciones de roya		
	Alajuela IV	Alajuela V	Alajuela VI
3	5	4	4-5
643	4	3	3
650	5	4	5
765	3	3	$\frac{2}{3}$
780	3	2	2
814	4	4	4
GGW	4	4	4
Identificada como raza N ^o	15	3	3

Cultivares diferenciales	Grados de infección que presentan las colecciones de roya	
	Alajuela VII	Alajuela VIII
3	4	4
643	1	1
650	4	2
765	1	1
780	4	4
814	2	4
GGW	4	3
Identificada como raza N ^o	biotipo 1 de la raza 29	raza nueva

* Indica pústulas de dos tamaños en la misma hoja.

** El numerador indica el grado que ocurre en el haz y el denominador el grado del envés de la hoja.

GGW Golden Gate Wax

B. Pruebas de campo:

Los resultados de las pruebas de campo se observan en el Cuadro 3.

CUADRO 3. RAZAS DE ROYA IDENTIFICADAS EN EL CAMPO

Cultivares diferenciales	Grados de Infección			
	Alajuela	Los Angeles de Tilarán	Turrialba	San Isidro del General
3	4-5*	3	5	4
643	3	2	3	2
650	5	5	3	5
765	3	2	5	2
780	3	3	4-5	3
814	4	4	4	4
GGW	4	3	1	4
Identificada como raza N ^o	15	8	25	8

* Indica pústulas de dos tamaños en la misma hoja
GGW Golden Gate Wax

El mismo criterio usado para la identificación de razas en el invernadero se utilizó en el campo. Se identificaron las siguientes razas: En Alajuela la raza 15, en Los Angeles de Tilarán la raza 8, en Turrialba la raza 25 y en San Isidro del General la raza 8.

Evaluación de la resistencia en los cultivares seleccionados por el Programa de Cultivos Alimenticios del IICA:

Los resultados de esta prueba se pueden observar en el Cuadro 4. Se consideró como resistentes a todos aquellos cultivares que mostraron una reacción de grados 0 y 1. Siguiendo este criterio podemos clasificar como resistentes a los siguientes cultivares: Compuesto Negro Chimaltenango, S-219-N-1, Compuesto Cotaxtla, S-19-N y Jamapa.

Los cultivares que mostraron un nivel de infección de grado 2 o más se consideraron como susceptibles. Sin embargo cabe indicar que dentro de los cultivares susceptibles, aquellos que solo mostraron una reacción de grado 2 pueden ser considerados como medianamente susceptibles. Se pueden incluir en este grupo: Porrillo # 1, Rico, H-182, S-182, Guateian 6622 y Col-109-R.

Todo cultivar que mostró una infección de grado 3 y 4 se consideró como altamente susceptible, es así como tenemos que los cultivares Col-123 y S-315-N-2 son considerados como muy susceptibles al ataque de roya.

CUADRO 4. REACCION A LA ROYA DE LOS CULTIVARES SELECCIONADOS POR EL PROGRAMA DE CULTIVOS ALIMENTICIOS DEL IICA. ESTA PRUEBA SE LLEVO A CABO EN LOS ANGELES DE TILARAN, ALAJUELA, TURRIALBA Y SAN ISIDRO DEL GENERAL

Grado 0: No hay infección

Grado 1: Infección muy leve

Grado 2: Infección moderada

Grado 3: Infección severa

Grado 4: Infección muy severa

Cultivares seleccionados	Grados de Infección			
	Alajuela	Los Angeles de Tilarán	Turrialba	San Isidro del General
Compuesto negro Chimaltenango	0	0	1	-
S-219-N-1	0	0	1	0
Compuesto Cotaxtla	1	0	1	1
S-19-N	1	0	1	0
Jamapa	1	1	1	0
Porrillo #1	2	1	2	1
Rico	1	0	2	2
S-182	1	2	2	0
Col-109-R	0	1	2	3
H-182	1	2	2	2
Guateian 6622	1	1	2	1
S-315-N-2	2	1	3	2
Col-123	2	2	3	3

DISCUSION

La identificación de las razas de roya existentes en Costa Rica, se llevó a cabo empleando el método sugerido por Davison (3). Cada una de las cepas colectadas, de los diversos lugares del país, se comparó con el patrón de razas y todas las cepas se identificaron a partir de este patrón. De acuerdo a Harter y Zaumeyer (12) no es de esperarse que exista semejanza absoluta entre las cepas y el patrón de razas, razón por la cual se debe otorgar cierto margen a la identificación. El hecho de haberse encontrado cierta variabilidad en cuanto a la expresión de síntomas, que se manifestó sobre todo en el tamaño de las pústulas, fue lo que motivó el encontrar diferencias entre las cepas colectadas y el patrón de razas. Esta variabilidad es factible debido a que el grado de ataque de roya está relacionado con los factores climáticos. Según observaciones tomadas durante el desarrollo del presente trabajo, se observó que un clima seco, cálido y con una fuerte intensidad lumínica, favorecía el desarrollo de la enfermedad. Y a la inversa en un clima húmedo y nebuloso el grado de incidencia de la enfermedad es reducido, a iguales conclusiones llegaron Harter y Zaumeyer (12) en sus trabajos de identificación de razas de roya en los Estados Unidos de Norteamérica. Según Wei y Schein (18, 16) solo temperaturas muy altas o muy bajas hacen variar la expresión de síntomas. Wei (18) describe asimismo la intensidad lumínica como un factor que afecta la expresión de síntomas en las plantas. En general cuando los cambios ambientales no son muy bruscos, los hospederos resistentes o susceptibles no sufren mayor variación en cuanto a la expresión de síntomas, no así, los hospederos intermedios sobre los cuales se observa un mayor efecto.

La observación del patrón de razas hace evidente que de los 7 cultivares diferenciales usados solo uno de ellos presenta caracteres de muy susceptible, por eso se decidió tomar este cultivar (U.S. #650) como punto de partida, para

la identificación de las cepas. Cuando el nivel de infección que una cepa presentaba en dicho cultivar no correspondía a los grados 4 o 5, entonces esta cepa quedaba circunscrita a las razas 10, 28, 32, 34 o a una raza nueva. Dado este primer paso en el cual se separaba a las razas ya mencionadas de las demás, se procedió a comparar la reacción producida por cada uno de los otros 6 cultivares restantes con las reacciones que presentaba el patrón. En vista de que estos cultivares mostraban todos los niveles de infección, la comparación entre la cepa y el patrón se efectuó sin preferencia por ninguno de ellos. El observar semejanza entre el tipo de infección obtenida en el campo y en el invernadero, sugiere la existencia de una raza predominante para la región. El hecho de no encontrar dicha semejanza indica la existencia de un complejo de razas para la región.

De acuerdo a las observaciones efectuadas tanto en las experiencias de invernadero como de campo, se puede observar que existe una gran variación en cuanto a las razas de roya existentes en el país, aunque se notara la prevalencia de ciertas razas en algunas localidades, es así como se observa que la raza 3 es predominante en Turrialba y la 15 en Alajuela. En la Figura 3 se muestra la distribución de razas en el país.

Evaluación de la resistencia en los cultivares seleccionados por el Programa de Cultivos Alimenticios del IICA:

En esta prueba, la escala usada para medir la infección se basó en la cantidad de infección y no en el tipo de ésta.

Los resultados mostraron que existe diferencia varietal en la susceptibilidad. Este aspecto se observa al notar en el campo diferencias marcadas en cuanto al nivel de infección. Se consideró sin embargo, que los resultados

experimentales obtenidos son demostrativos del comportamiento de los cultivares al ataque del hongo, dentro de las condiciones ecológicas donde se realizaron los ensayos. Las variaciones que se encontraron probablemente se debieron a la influencia del tiempo prevalente y posiblemente a la constitución genética del material usado. Bajo condiciones de infección poco severas, todos los cultivares presentaron una amplia resistencia aparente.

Los cultivares que resultaron menos susceptibles en los experimentos llevados a cabo en las localidades de Turrialba, San Isidro del General, Alajuela y Los Angeles de Tilarán, fueron: Compuesto Negro Chimaltenango, S-219-N-1, Compuesto Cotaxtla, S-19-N y Jamapa.

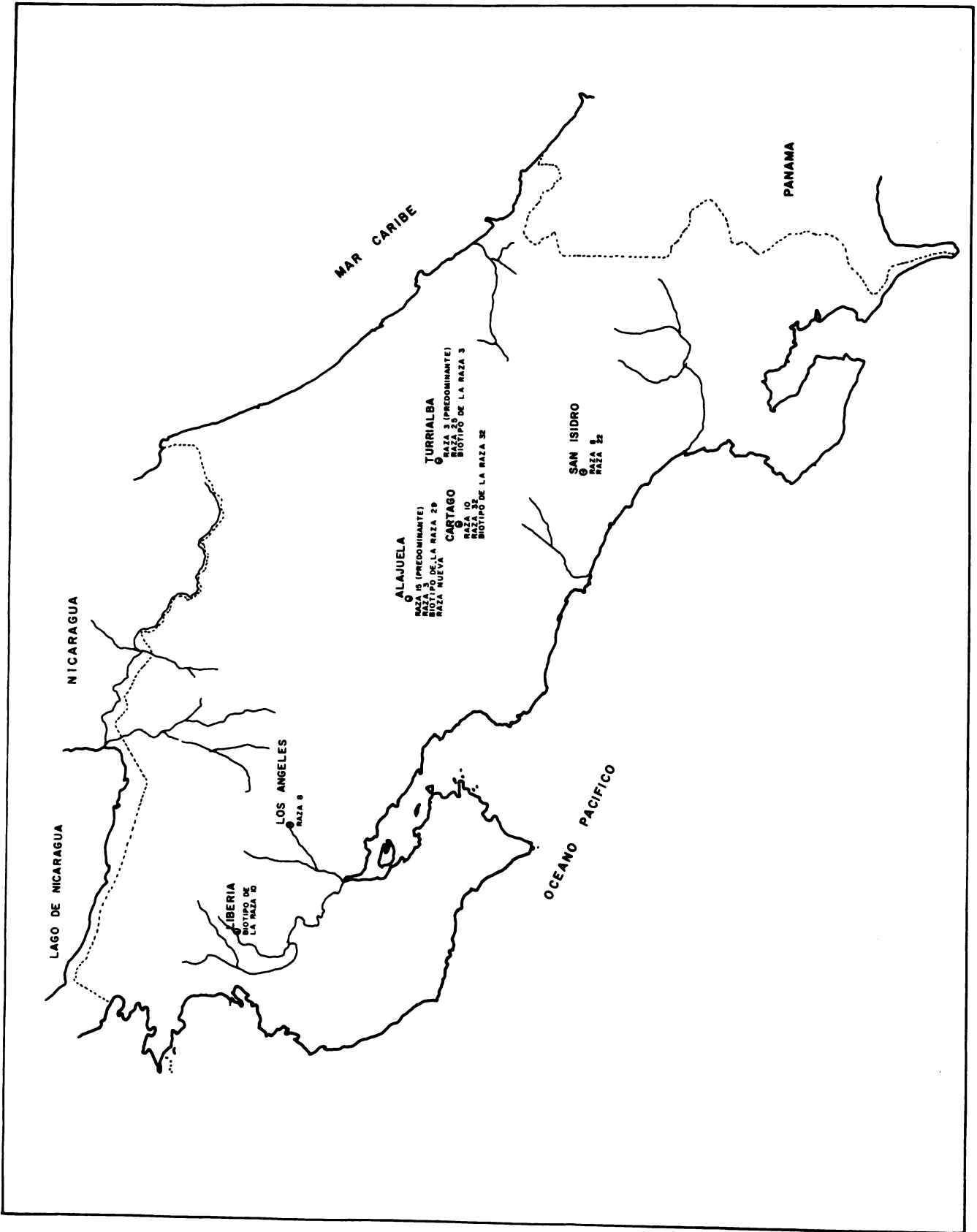


Figura 3. Mapa de la distribución de las razas fisiológicas de roya en Costa Rica.

RESUMEN

Con el objeto de estudiar las razas fisiológicas del hongo Uromyces phaseoli (Pers.) Wint. var. phaseoli existente en Costa Rica, se llevaron a cabo ensayos de campo e invernadero. Se determinó el comportamiento de 13 cultivares comerciales, seleccionados por su rendimiento y resistencia general a las enfermedades.

Los resultados demostraron la existencia de las razas 3 y 15 en Alajuela; 3 y 25 en Turrialba; 8 y 22 en San Isidro del General; 10 y 32 en Cartago y la raza 8 en Los Angeles de Tilarán. También se comprobó la existencia de los siguientes biotipos: el biotipo 1 de la raza 29 en Alajuela; el biotipo 1 de la raza 3 en Turrialba; el biotipo 1 de la raza 32 en Cartago y el biotipo 1 de la raza 10 en Guanacaste. Además del complejo de razas y biotipos de razas mencionados, en Alajuela se encontró una raza nueva, la cual no se pudo clasificar entre las que han sido reportadas hasta el momento.

Los cultivares que presentaron la mayor resistencia a la roya en las pruebas de campo, fueron: Compuesto Negro Chimaltenango, S-219-N-1, Compuesto Cotaxtla, S-19-N y Jamapa.

SUMMARY

Greenhouse and field experiments were conducted in order to study the physiologic races of bean rust (Uromyces phaseoli (Pers.) Wint. var. phaseoli) existing in Costa Rica. Field reaction towards the disease was determined for 13 commercial varieties, chosen by the basic foods program of the IICA for their productivity and general resistance to diseases.

Results showed the following as the existing races in Costa Rica: Race 3 and 15, located in Alajuela; 3 and 25 in Turrialba; 8 and 12 in San Isidro del General; 10 and 32 in Cartago and race 8 in Los Angeles de Tilarán. Also the following biotypes were found: biotype 1 of race 32 in Cartago; biotype 1 of race 29 in Alajuela; biotype 1 of race 3 in Turrialba and biotype 1 of race 10 in Guanacaste. In addition to the races and race biotypes described, a new race that could not be compared with any of the previous known races was discovered.

Among the 13 varieties tested in the field; Compuesto Negro Chimalte-nango, S-219-N-1, Compuesto Cotaxtla, S-19-N y Jamapa showed the highest degree of resistance towards the disease.

LITERATURA CITADA

1. BELL, A. A. y DALY, J. M. Assay and partial purification of self-inhibitors of germination from uredospores of the bean rust fungus. *Phytopathology* 52(3):261-266. 1962.
2. CRISPIN, A. D. y DONGO, S. L. New physiologic races of bean rust, *Uromyces phaseoli typica*, from Mexico. *Plant Disease Reporter* 46(6):411-413. 1962.
3. DAVISON, A. D. Factors affecting the identification of races of *Uromyces phaseoli* (Pers.) Wint. var. *phaseoli*. Ph. D. Thesis. Oregon State University, 1962. 75 p.
4. _____ y VAUGHAM, E. K. A simplified method for identification of races of *Uromyces phaseoli* var. *phaseoli*. *Phytopathology* 53(4):456-459. 1963.
5. _____ y VAUGHAM, E. K. Effect of uredospore concentration on determination of races of *Uromyces phaseoli* var. *phaseoli*. *Phytopathology* 54(3):336-338. 1964.
6. _____ y VAUGHAM, E. K. Longevity of uredospores of race 33 of *Uromyces phaseoli* var. *phaseoli* in storage. *Bean Improvement Cooperative. Annual Report no. 7, 1964. s.n.t. p. 16..*
7. FISHER, H. H. New physiologic races of bean rust (*Uromyces phaseoli typica*). *Plant Disease Reporter* 36(3):105-106. 1952.
8. FROMME, F. D. y WINGARD, S. A. Bean rust; its control through the use of resistant varieties. Virginia Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 220 1918. 18 p.
9. _____ y WINGARD, S. A. Varietal susceptibility of beans to rust. *Journal of Agricultural Research* 21(6):385-404. 1921.
10. GOODE, M. J. A new race of bean rust in Arkansas. *Plant Disease Reporter* 45(6):690-691. 1961.
11. HARTER, L. L. Physiologic races of the fungus causing bean rust (Abstract). *Phytopathology* 29(1):9. 1939.
12. _____ y ZAUMEYER, W. J. Differentiation of physiologic races of *Uromyces phaseoli typica* on bean. *Journal of Agricultural Research* 62(12):717-731. 1941.
13. _____, ANDRUS, C. F. y ZAUMEYER W. J. Studies on bean rust caused by *Uromyces phaseoli typica*. *Journal of Agricultural Research* 50(9):737-759. 1935.

14. HIKIDA, H. R. Race 33 of Uromyces phaseoli var. typica Arth., a distinct physiologic race from Oregon. Plant Disease Reporter 45(5):388. 1961.
15. SAPPENFIELD, W. P. A new physiologic race of bean rust (Uromyces phaseoli typica) from New México. Plant Disease Reporter 38(4):282. 1954.
16. SCHEIN, R. D. Temperature conversion of rust response to bean. Phytopathology 51(7):486-488. 1961.
17. _____. Storage viability of bean rust uredospores. Phytopathology 52(7):653-657. 1962.
18. WEI, C. T. Rust Resistance in the garden bean. Phytopathology 27(11):1090-1105. 1937.
19. WILSON, E. M. Aspartic and glutamic acid as self-inhibitors of uredospore germination. Phytopathology 48(11):595-600. 1958.
20. WINGARD, S. A. Nature of rust resistance in beans (Abstract). Phytopathology 23(1):38. 1933.
21. YARWOOD, C. E. Acquired immunity from bean rust (Abstract). Phytopathology 44(9):511. 1954.
22. _____. Simultaneous self-stimulation and self-inhibition of uredospore germination. Mycology 48(1):20-24. 1956.
23. ZAUMEYER, W. J. A new race of bean rust in Maryland. Plant Disease Reporter 44(7):459-462. 1960.