

EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE CATORCE CEPAS *Rhizobium*  
phaseoli EN CINCO VARIETADES DE FRIJOL DE GUATEMALA

Rolando G. Aguilera M.+

INTRODUCCION

Es probable que la situación aflictiva por la que se atravieza actualmente en cuanto a la obtención de fuentes nitrogenadas a precios sumamente elevados, pueda ser disminuida mediante la adecuada inoculación de *Rhizobium* al frijol y a otras leguminosas de grano, ya que en especial las infecciones naturales de esta bacteria en la generalidad de los suelos Guatemaltecos no ha sido del todo competente para satisfacer las necesidades de nitrógeno de las plantas. Sandmann(5) considera que los costos de inoculación por hectárea pueden ser de únicamente \$1,87.

Por primera vez en Guatemala se ha enfocado un estudio concreto sobre las bacterias nitrificantes del género *Rhizobium* y su relación con plantas de *Phaseolus vulgaris*.

Este trabajo tiene el objetivo de obtener cepas de *Rhizobium* capaces de efectuar una buena simbiosis con las variedades de frijol bajo estudio.

MATERIALES Y METODOS

Se efectuaron 4 experimentos los cuales se realizaron en el Invernadero de ICTA, en la ciudad de Guatemala a una altura de 1 498 metros sobre el nivel del mar, utilizándose en los mismos el sistema de selección de jarras de Leonard modificado (1) con un diseño de parcelas divididas con 3 repeticiones.

Los trabajos que se efectuaron fueron los siguientes:

Experimento N° 1: En el que se evaluaron los inoculantes ICTA N° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y un testigo (sin inoculante) en las variedades San Pedro Pinula 72, Negro Jalpatagua e Ipala 72.

Experimento N° 2: En el que se evaluaron los inoculantes ICTA N° 21, 22, 23, 24, 25, 26 y un testigo (sin Inoculante) con las mismas variedades que en el experimento N° 1.

Experimento N° 3: Se evaluaron las cepas ICTA N° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y un testigo (sin Inoculante) en las variedades Jamapa y Turrialba 1.

Experimento N° 4: Se evaluaron las cepas ICTA N° 21, 22, 23, 24, 25, 26 y un testigo ( sin Inoculante) en las variedades Jamapa y Turrialba 1.

---

Investigador, Programa de Frijol, Proyecto de  
Microbiología, ICTA. Guatemala.

En todos los experimentos se utilizó en la siembra semilla de sinfectada, según la técnica que expone Vincent (6). En cada Jarra de Leonard previamente esterilizada se colocaron 4 semillas, las cuales germinaron alrededor de los 7 días, tiempo en que se raleó y dejó únicamente 2 plantas por jarra. Efectuando el raleo se inoculó con las cepas de Rhizobium, las cuales previamente fueron crecidas en tubos de ensayo. Diez días después de la siembra y para suplir las necesidades primarias de la planta mientras podía iniciarse la fijación de nitrógeno por las bacterias, se aplicó 0,5 mililitros de  $KND_3$  al 2,28 por ciento o sea 3,37 p.p.m. partiendo del hecho de que cada jarra contenía 460 gramos de arena.

Después de 40 días de sembrado cada experimento (época de floración) se tomaron los siguientes datos:

- a. Peso de materia seca de la parte aérea de las plantas, cortadas a nivel de la corona de la raíz.
- b. Número total de nódulos en las raíces.
- c. Número total de nódulos en los primeros tres centímetros de raíz
- d. Peso de materia seca del total de nódulos.

Los datos tomados, según los conceptos vertidos por Vincent (6) Sandmann (5), Dobereiner, et al (2), pueden dar un criterio más amplio para seleccionar cepas que estén efectuando una buena simbiosis.

En todos los experimentos se siguió un modelo de análisis -- que de acuerdo al diseño tuvo como fuentes de variación los efectos siguientes: Inoculantes, repeticiones, dentro de parcelas de inoculantes, error (a), variedades, inoculantes x variedad, error (b).

#### RESULTADOS Y DISCUSION

En el experimento N° 1, se presentaron diferencias altamente significativas entre inoculantes para las variables número total de nódulos y nódulos en los primeros 3 centímetros de raíz. La prueba de Duncan demostró que las diferencias se debían al inoculante ICTA N° 4 y el testigo contra el resto de cepas evaluadas (Cuadro 1). En el Cuadro 2 se muestran los datos promedio por inoculante y variedad de frijol; puede observarse que para las mismas variables anotadas y en el mismo experimento hubo una interacción inoculante-variedad altamente significativa. En este mismo cuadro las diferencias significativas entre variedades muestran que las variedades Negro Jalpatagua e Ipala 72 fueron las más moduladas y que la variedad Negro Jalpatagua y San Pedro Pinula 72 ocuparon el primer lugar en cuanto a número de nódulos en los primeros 3 centímetros de raíz.

En el experimento N° 2 y con las variables que se discuten en los párrafos anteriores, se detectaron también diferencias al-

tamente significativas entre el testigo y el resto de cepas para las medias de inoculantes (Cuadro 1). Así también hubo diferencias significativas entre variedades en los datos concernientes a número de nódulos en los primeros 3 centímetros de raíz (Cuadro 2.) Las variedades negro Jalpatagua, San Pedro Pinula 72 ocuparon el primer lugar lo cual ~~fué~~ coincidente con los datos del experimento 1.

En el experimento N° 3 (Cuadro 1) el efecto de los inoculantes sobre el número total de nódulos y número de nódulos en los primeros 3 centímetros de raíz, mostró diferencias altamente significativas, pero en ambos casos la prueba de Duncan demostró -- que estas existían entre la cepa N° 7 y el resto de cepas incluyen do el testigo, (es de hacer notar que en todos los casos las medias de los datos presentados en los Cuadros 1, 2 y 3 para los tratamientos testigo muestran datos de nodulación a pesar de no haber sido inoculadas las plantas, pero existió contaminación ambiental la que no se pudo controlar con la metodología de asepsia seguida). En este mismo experimento se detectó un efecto de interacción inoculante variando en el rendimiento de materia seca de nódulos (Cuadro 3). El inoculante ICTA N°7 ocupó el primer lugar con la variedad Jamapa, pero con la variedad Turrialba 1, fueron las cepas -- ICTA N° 1, 2 y 6.

En el experimento N° 4 no se mostraron diferencias ni por efecto de inoculantes ni por interacciones en cuanto al número total de nódulos y en los primeros 3 centímetros de raíz (Cuadro 1 y 3 respectivamente) pero sí diferencias entre variedades en el número total de nódulos (Cuadro 3). La variedad Turrialba 1 demostró ser superior a la Jamapa.

Las variables peso de materia seca de nódulos y peso de materia seca de plantas que sólo presentaron diferencias por efecto de inoculantes (Cuadro 1) (salvo el caso del experimento N° 3 en el que se observó un efecto de interacción inoculante-variedad en los datos de materia seca de nódulos) se han dejado para presentar de último. Una síntesis de este cuadro que indique las cepas con los mejores rendimientos en las variables mencionadas puede mostrarnos lo siguiente:

Puede notarse que en general las cepas que produjeron mayor cantidad de tejido nodular también produjeron mayor peso de materia seca de plantas.

Después de haber observado los resultados de las pruebas efectuadas se puede decir que en el sistema de selección de cepas de *Rhizobium* utilizando Jarras de Leonard los datos de número total de nódulos y en los primeros 3 centímetros de raíz no son de mucha utilidad, pues aunque en algunos casos unas variedades nodularon más que otras esto no indica ningún incremento ni en el peso de tejido nodular ni en el peso de materia seca de plantas. Esto viene a corroborar los datos de Deberiner *et. al* (2), cuando dicen que no existe una correlación entre el número de nódulos y la fijación de nitrógeno atmosférico.

EXPERI	1	EXPERIMENTO N° 2		EXPERIMENTO N° 3		EXPERIMENTO N° 4	
a	b	a	b	a	b	a	b
$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{21}$	$\bar{21}$	$\bar{1}$	$\bar{1}$	$\bar{21}$	$\bar{23}$
2	5	22	22	6	2	23	
5	8	23	23		5	24	
6		24	24		6	25	
8		25	25		8	26	
		26	26				

Es fácil observar que en general las cepas que produjeron, los rendimientos más altos de materia seca produjeron una mayor cantidad de tejido nodular, lo cual corrobora otra observación de Doberciner, et.al (2) quien encontró que existe una relación bastante -- constante entre la cantidad de tejido nodular y la cantidad de nitrógeno fijado.

Franco y Doberciner (4) así como Erdman (3) citan que existe un efecto de selectividad entre cepas de Rhizobium y la variedad de frijol. Bajo este punto de vista las interacciones observadas en el experimento N° 3 con los datos de peso de nódulos totales, vienen a corroborar este efecto, así como también las interacciones que mostraron los datos de: número total de nódulos y en los lrs. 3 centímetros de raíz del experimento N° 1.

Utilizando en cierta forma esta base se podría efectuar una escogencia de tipo práctico para seleccionar de momento las cepas que mejor comportamiento mostraron en los rendimientos de materia seca de plantas.

Así se podría decir que las cepas 5, 8 y 23 fueron las que - mejores rendimientos de materia seca produjeron, lo cual es fácilmente comprobado, si se analiza en el Cuadro 2 y 3 los rendimientos de cada variedad con los diferentes inoculantes. Las cepas 5 y 8 funcionaron mejor en las variedades Negro Jalpatagua, San Pedro Pinula 72 e Ipala 72, no así en las variedades Jamapa y Turrialba 1 en la que la mejor fue la cepa N° 23.

#### CONCLUSIONES

- Las cepas evaluadas que pueden considerarse como las de mayor capacidad fijadora de nitrógeno son: ICTA N° 5, 8 y 23.
  - El peso total de materia seca de nódulos puede ser un indicio de eficiencia simbiótica, siempre y cuando vaya reforzado el dato con los pesos de tejido vegetal producido.
  - Las variedades con mayor capacidad de ser infectadas por Rhizobium fueron la Negro Jalpatagua y la San Pedro Pinula
- a = Rendimiento de materia seca de nódulos totales  
b = Rendimiento de materia seca de plantas

72 lo cual no es índice de una mayor eficiencia en la fijación del nitrógeno atmosférico.

- d. Se deberá continuar evaluando cepas para tratar de superar las seleccionadas en estos trabajos.

CUADRO 1: MEDIAS DEL TRATAMIENTO "INOCULANTES" DE LOS EXPERIMENTOS NO. 1, 2, 3 Y 4, EN LOS CUALES SE EXPRESAN CON LITERALES LAS DIFERENCIAS ESTADISTICAS ENCONTRADAS EN EL ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE DUNCAN.

INOCULANTES	PESO DE MATERIA SECA DE PLANTAS		PESO DE MATERIA SECA DE NODULOS		NUMERO TOTAL DE NODULOS		NUMERO DE NODULOS EN LOS 1ros. 3CMS. RAIZ	
	EXP. NO. 1	EXP. NO. 3	EXP. NO. 1	EXP. NO. 3	EXP. NO. 1	EXP. NO. 3	EXP. NO. 1	EXP. NO. 3
TESTIGO	0.915 O	0.795 CD	0.164 C	0.149 CD	91 B	206A	73 B	173A
ICTA NO. 1	1.896 BC	2.213A	0.691A	0.930A	306A	326A	140A	308A
ICTA NO. 2	2.244AB	2.381A	0.553AB	0.570 BC	209A	231A	154A	207A
ICTA NO. 3	1.422 CD	1.226 BC	0.365 BC	0.337 CD	250A	293A	196A	241A
ICTA NO. 4	0.739 D	1.523 B	0.158 C	0.437 BC	89 B	272A	68 B	226A
ICTA NO. 5	2.713A	2.282A	0.618A	0.516 BC	287A	300A	209A	290A
ICTA NO. 6	2.217ABC	2.127A	0.635A	0.679AB	324A	342A	223A	290A
ICTA NO. 7	1.080 D	0.465 D	0.358 BC	0.056 E	242A	89 B	154A	73 B
ICTA NO. 8	2.763A	2.494A	0.608AB	0.525 BC	281A	330A	203A	281A
	EXP. NO. 2	EXP. NO. 4	EXP. NO. 2	EXP. NO. 4	EXP. NO. 2	EXP. NO. 4	EXP. NO. 2	EXP. NO. 4
TESTIGO	0.762 B	1.255 CC	0.123 B	0.309 C	171 B	236	42 B	208
ICTA NO. 21	1.570A	2.546 B	0.544A	0.663 BC	346A	315	183A	275
ICTA NO. 22	1.569A	1.805 C	0.500A	0.546 BC	261A	292	174A	256
ICTA NO. 23	2.177A	3.332A	0.452A	0.397AB	257A	402	151A	310
ICTA NO. 24	1.930A	2.096 B	0.432A	0.625ABC	340A	931	254A	240
ICTA NO. 25	2.085A	2.535 B	0.455A	0.756ABC	320A	301	246A	254
ICTA NO. 26	2.307A	2.685 B	0.163A	1.065A	302A	371	211A	320

CUADRO 2: RENDIMIENTOS PROMEDIO DE REPETICIONES, PARA VARIETADES E INOCULANTES EN LOS EXPERIMENTOS 1 Y 2 QUE MUESTRAN LAS DIFERENCIAS ENTRE VARIETADES Y LOS EFECTOS DE LA INTERACCION INOCULANTE-VARIETADE, ENCONTRADOS AL EFECTUAR EL ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE DUNCAN \*.

INOCULANTE	NEGRO SALPATAGUA				SAN PEDRO PINULA 72				IPALA 72			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
TESTIGO NO. 1	0.957	0.341	192A	131A	1.262	0.151	74 B	39 B	0.527	0.000	000 B	000 B
ICTA NO. 1	1.995	0.826	296A	258A	1.780	0.504	251A	218A	1.397	0.743	371A	144A
ICTA NO. 2	2.377	0.536	196A	149A	2.067	0.525	211A	171A	2.290	0.597	220A	146A
ICTA NO. 3	1.678	0.389	247A	199A	1.147	0.275	232A	211A	1.442	0.431	273A	170A
ICTA NO. 4	0.757	0.164	105A	53 B	0.785	0.195	80 B	57 B	0.577	0.115	85 B	34A
ICTA NO. 5	3.093	0.669	299A	252A	2.372	0.566	289A	241A	2.677	0.619	272A	132A
ICTA NO. 6	2.107	0.631	236A	133A	1.768	0.464	259A	216A	2.777	0.811	477A	269A
ICTA NO. 7	1.318	0.365	242A	181A	1.042	0.258	237A	185A	0.883	0.450	236A	96A
ICTA NO. 8	2.977	0.686	293A	233A	2.378	0.576	245A	160A	2.937	0.562	305A	210A
PROMEDIO	1.917	0.576	234a	188a	1.622	0.439	209A	168aL	1.738	0.541	248a	151A
TESTIGO EXP. NO. 2	0.622	0.078	146	56	0.520	0.087	203	43	1.143	0.205	166	25
ICTA NO. 21	1.407	0.447	329	171	1.403	0.463	345	183	1.902	0.722	305	105
ICTA NO. 22	1.333	0.501	268	145	1.163	0.335	275	223	2.160	0.663	240	155
ICTA NO. 23	2.210	0.371	233	108	1.533	0.341	246	144	2.786	0.643	294	283
ICTA NO. 24	1.785	0.420	333	216	1.098	0.319	312	256	2.907	0.558	375	289
ICTA NO. 25	1.978	0.404	257	193	1.400	0.391	337	27	2.843	0.570	365	271
ICTA NO. 26	2.178	0.616	318	204	1.758	0.657	286	241	2.985	0.643	302	187
PROMEDIO	1.652	0.405	269	189a	1.272	0.370	286	194a	2.389	0.405	301	157a

a = Peso en gramos de materia seca de plantas  
 b = Peso en gramos de materia seca de nódulos  
 c = Número total de nódulos en la raíz  
 d = Número de nódulos en los primeros 3 cm de raíz.

\* Las mayúsculas indican diferencias significativas al 1% y las minúsculas al 5%.

CUADRO 3: RENDIMIENTO PROMEDIO DE REPETICIONES, PARA VARIEDADES E INOCULANTES EN LOS EXPERIMENTOS NO. 3 Y 4 MOSTRANDO LAS DIFERENCIAS ENTRE VARIEDADES Y LOS EFECTOS DE LA INTERACCION INOCULANTES-VARIEDAD ENCONTRADOS AL EFECTUAR EL ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBAS DE DUNCAN.

INOCULANTE	JAMA				TURRIALBA I.			
	a	b	c	d	a	b	c	d
TESTIGO EXP. 3	0.778	0.149 CD	198	173	0.811	0.149 DE	214	158
ICTA NO. 1	2.340	1.177A	332	314	2.085	0.692AB	321	303
ICTA NO. 2	1.956	0.469 B	292	173	2.765	0.671AB	250	241
ICTA NO. 3	1.203	0.357 BC	298	249	1.248	0.315 CD	208	254
ICTA NO. 4	1.845	0.506 B	265	235	1.371	0.369 CD	230	227
ICTA NO. 5	2.200	0.497 B	282	251	2.375	0.594 BC	319	330
ICTA NO. 6	1.473	0.481 B	271	249	2.480	0.877A	413	331
ICTA NO. 7	1.120	0.435 D	67	59	0.440	0.077 D	111	88
ICTA NO. 8	2.611	0.505 B	295	285	2.176	0.463 BC	356	276
PRCMEIO	1.740	0.473	245	220	1.750	0.459	285	244
TESTIGO EXP. 4	1.100	0.278	204	180	1.410	0.349	269	237
ICTA NO. 21	2.445	0.671	286	252	2.646	0.654	344	258
ICTA NO. 22	1.783	0.526	276	239	1.825	0.566	309	274
ICTA NO. 23	3.578	1.006	375	330	3.085	0.791	434	291
ICTA NO. 24	1.812	0.489	285	282	2.381	0.760	377	218
ICTA NO. 25	2.490	0.798	292	269	2.580	0.744	311	240
ICTA NO. 26	2.422	0.606	332	305	2.981	1.254	410	335
PRCMEIO	2.234	0.662	282 B	262	2.415	0.731	350A	283

a = Peso en gramos de materia seca de plantas

b = Peso en gramos de materia seca de nódulos

c = Número total de nódulos en la raíz

d = Número de nódulos en los primeros 3 cm de raíz

\* Las mayúsculas indican diferencias significativas al 1% y las minúsculas al 5%.