

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA.

EVALUACION DEL EFECTO EN MANI (*Arachis hypogaea*) y SOYA  
(*Glycine max*) PRODUCIDO POR LA INOCULACION DE CEPAS DE  
*Rhizobium* SELECCIONADAS PARA EL TROPICO POR EL "SISTEMA  
INTERNACIONAL DE ENSAYOS DE INOCULACION DE LEGUMINOSAS".



Presentada a la Honorable Junta Directiva de  
la Facultad de Agronomía de la Universidad de  
San Carlos de Guatemala.

FERNANDO ALCIDES ENRIQUEZ FLORES

Al conferírsele el título  
de Ingeniero Agrónomo en el  
Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Octubre de 1986.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(847)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Agr. César A. Castañeda  
VOCAL I: Ing. Agr. Gustavo Méndez  
VOCAL II: Ing. Agr. Jorge Enrique Sandoval  
VOCAL III: Ing. Agr. Mario Melgar  
VOCAL IV: Br. Luis Molina  
VOCAL V: P. A. Axel Gómez  
SECRETARIO: Ing. Agr. Luis Alberto Castañeda

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Ing. Agr. Mike Estrada  
Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno  
Ing. Agr. Samuel Córdova  
Secretario: Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez Palma  
Decano: Ing. Agr. César A. Castañeda



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1548

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....
Asunto.....
.....

22 de Septiembre de 1986.

Ingeniero Agrónomo:  
César A. Castañeda S.  
Decano  
Facultad de Agronomía.

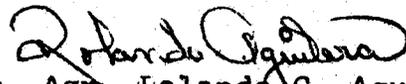
Señor Decano:

De manera atenta me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que en esta fecha he finalizado la asesoría del trabajo de investigación de tesis del estudiante: -- FERNANDO ALCIDES ENRIQUEZ FLORES con Carnet No. 79-10081, quien efectuó el trabajo titulado "EVALUACION DEL EFECTO EN MANI (Arachis hypogaea) Y SOYA (Glycine max) PRODUCIDO POR LA INOCULACION DE CEPAS DE Rhizobium SELECCIONADAS - PARA EL TROPICO POR EL "SISTEMA INTERNACIONAL DE ENSAYOS DE INOCULACION DE LEGUMINOSAS".

El presente trabajo considero que llena los requisitos científicos obligatorios y constituye, además, un aporte importante al paquete tecnológico nacional e internacional en el uso de inoculantes, por lo que sugiero su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo deferentemente de -  
usted,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Agr. Roberto G. Aguilera M.  
ASESOR.

Guatemala,  
10. de Octubre de 1986.

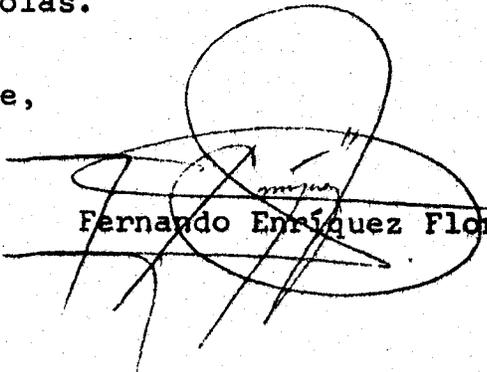
Honorable Junta Directiva de la  
Facultad de Agronomía.  
Presente.

En cumplimiento a las normas académicas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, es un honor, someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"EVALUACION DEL EFECTO DE MANI (Arachis hypogaea) Y SOYA (Glycine max) PRODUCIDO POR LA INOCULACION DE CEPAS DE Rhizobium SELECCIONADAS PARA EL TROPICO POR EL "SISTEMA INTERNACIONAL DE ENSAYOS DE INOCULACION DE LEGUMINOSAS",

como requisito previo a optar el título de --  
Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Respetuosamente,



Fernando Enríquez Flores.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS NUESTRO SEÑOR.

A MIS PADRES:

Alberto Enríquez Bracamonte  
Esperanza Flores de Enríquez.

A MI HERMANA:

Dafne Enríquez de Milián.

A MIS HIJOS:

Fernando Isaac,  
Alberto Antonio.

A TODA MI FAMILIA.

## AGRADECIMIENTOS

- A mi Asesor: Ing. Agr. Rolando Aguilera, por su dedicada asesoría en la elaboración del presente trabajo de investigación.
- Al señor: Mario Reyes (Q.E.P.D.) por su ayuda para la realización de esta tesis.
- A mi tío: Humberto Flores Valdez.
- A mi amigo: Rudy Lima Rodríguez.

## CONTENIDO

		Pag.
	RESUMEN-----	i
I.	Introducción-----	1
II.	Objetivos-----	3
III.	Hipótesis-----	3
IV.	Revisión de literatura-----	4
	- La simbiosis Rhizobium-leguminosa-----	4
	- La hemoglobina de los nódulos-----	6
	- Paso del nitrógeno fijado a la planta huésped-----	7
	- Fisiología de la fijación del N <sub>2</sub> por el Rhizobium-----	8
	- Criterio de efectividad de la fijación simbiótica-----	9
	- Número necesario de Rhizobios por semilla-----	12
V.	Materiales y Métodos-----	13
	- Descripción del área-----	13
	- Edafología y clima-----	13
	- Material experimental básico-----	13
	- Descripción de los inoculantes-----	14
	- Variedades de semilla utilizada-----	14
	- Fertilidad del área del experimento-----	15
	- Tratamientos y su descripción-----	15
	- Diseño de las parcelas-----	17
	- Modelo estadístico-----	17
	- Datos que se tomaron-----	17
	- Preparación del suelo-----	18
	- Preparación de la semilla-----	18
	- Manejo del experimento-----	19

## CONTENIDO

	Pag.
VI. Resultados-----	22
VII. Discusión de resultados-----	31
VIII. Conclusiones-----	36
IX. Recomendaciones-----	38
X. Bibliografía-----	39
XI. Apéndice I-----	41
XII. Apéndice II-----	46

## RESUMEN

Son varios los trabajos de investigación que se han realizado respecto al aumento de la producción de leguminosas, a través de la inoculación de las mismas, con bacterias fijadoras de nitrógeno. En este sentido, en la Universidad de Hawaii se aislaron cepas de bacterias del género Rhizobium, específicas de algunas leguminosas, por lo que se hizo necesario determinar si era posible el incremento de la producción bajo condiciones reales de campo.

Para evaluar el efecto de la inoculación con cepas, de Arachis hypogaea (maní) y Glycine max (soya), se instalaron dos ensayos simultáneos con ambas especies de leguminosas.

Hubieron tres tratamientos básicos: Plantas inoculadas con Rhizobium, plantas no inoculadas y plantas no inoculadas pero abastecidas con fertilizante nitrógenado. Además se evaluaron dos niveles de fertilidad: a) fertilidad de campo y b) un nivel que no limitara el crecimiento de la planta por falta de fósforo y/o potasio.

Por cada ensayo se establecieron cuatro repeticiones en un diseño de bloques al azar con un arreglo combinatorio de 3 x 2.

En el muestreo temprano se tomó: el número de nódulos a la floración, volumen y peso de nódulos y peso seco de la parte aérea de la planta. Al final se evaluó rendimiento.

En ambos ensayos los tratamientos inoculados mostraron

resultados más altos que los tratamientos no inoculados. Mientras el rendimiento de Arachis hipogaea no pudo ser evaluado, Glycine max presentó los más altos rendimientos en los tratamientos que fueron inoculados con Rhizobium y los que fueron fertilizados con urea.

## I. INTRODUCCION

Durante los últimos años se han realizado varios trabajos de investigación en torno a la producción de leguminosas, algunos de ellos han sido de inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno del género Rhizobium. Sin embargo se ha reconocido la necesidad de determinar, bajo condiciones reales de campo, si puede ser incrementada la producción de leguminosas tropicales inoculándolas con cepas seleccionadas de Rhizobium, y hacia este aspecto es la orientación del presente trabajo.

Siendo el caso que los suelos de Guatemala, en general, no han presentado buen contenido de nitrógeno, pero que a la vez, el clima es propicio para el desarrollo de leguminosas tropicales, se hace interesante y prometedora la idea de aprovechar la simbiosis Rhizobium-leguminosa, para lograr aumento en la producción, principalmente si enfocamos esa idea hacia la solución de problemas socioeconómicos del país.

El presente trabajo es parte de una serie de ensayos bajo el "Sistema internacional de ensayos de inoculación de leguminosas.", promovidos en todo el trópico por el proyecto - NIFTAL (Nitrogen Fijation by Tropical Agriculture Legumes), con el propósito de poner a prueba el valor de la inoculación con cepas de Rhizobium altamente seleccionadas.

Para evaluar el efecto de la inoculación con cepas, de Arachis hypogaea y Glycine max, se instalaron dos ensayos simultáneos con ambas especies de leguminosas en una finca situada siete kilómetros al sur-oeste de la ciudad de Chiquimula, que ofrece condiciones climáticas y edáficas ampliamente aptas para el desarrollo y producción de los dos cultivos mencionados.

El Sistema internacional de ensayos de inoculación de Leguminosas sugiere que el diseño experimental, factores de evaluación, sistemas de muestreo, análisis, etc., sea estandard en todos los países del trópico que participan en el proyecto, con el objeto de evaluar por comparación de resultados, la eficiencia intravarietal de los inóculos que se usan en las diferentes especies de leguminosas que se cultivan, con el fin de conocer la confiabilidad y el rango varietal de acción de las cepas inoculadas.

## II. OBJETIVOS

- II.1. Evaluar el efecto de la inoculación de Arachis hypogaea, con una mezcla de tres cepas seleccionadas de Rhizobium sp.
- II.2. Evaluar el efecto de la inoculación de Glycine max, con una mezcla de tres cepas seleccionadas de Rhizobium japonicum.

## III. HIPOTESIS

- III.1. Si se inoculan variedades criollas de Arachis hypogaea con una mezcla de cepas seleccionadas de Rhizobium, se producirá un aumento estadísticamente significativo en el rendimiento.
- III.2. Si se inoculan variedades de Glycine max, con una mezcla de cepas seleccionadas de Rhizobium, se producirá un aumento estadísticamente significativo en el rendimiento.

## IV. REVISION DE LITERATURA

La simbiosis Rhizobium-leguminosa

Fuera de las condiciones ambientales necesarias para el buen crecimiento de las leguminosas, el proceso de la fijación de nitrógeno no añade ningún requerimiento especial al organismo. Una posible excepción a esta afirmación podemos encontrarla en las cantidades de ciertos elementos minerales, requeridos para una fijación de nitrógeno más eficaz. Diversos investigadores han establecido que el Molibdeno, el hierro y el calcio, son necesarios en cantidades más elevadas cuando se emplea nitrógeno molecular en lugar de amoníaco, lo cual parece indicar que participan en la fijación de nitrógeno (6).

Wilson (1958), ha señalado que cada organismo fijador de nitrógeno estudiado, ha demostrado necesitar Molibdeno (6).

En la fijación simbiótica de nitrógeno entre Rhizobium y leguminosas, ninguno de los dos organismos es capaz de fijar nitrógeno por sí solo. El lugar donde se realiza la fijación de nitrógeno corresponde a los nódulos formados sobre las raíces de la leguminosa como resultado de la penetración de Rhizobium (6).

Aparte de la real fijación simbiótica de nitrógeno, la penetración de estas bacterias y el estímulo resultante de crecimiento de las células de la raíz, son aspectos importantes en esta asociación. La presencia en abundancia de bacterias del suelo en las proximidades de las raíces de la planta especialmente en las raíces de leguminosas, es un hecho comúnmen-

te observado. Esto se debe probablemente a la excreción realizada por las raíces. Así las bacterias, o bien atraviezan la punta relativamente blanda del pelo radical o bien invaden los pelos radicales dañados o rotos y progresan a lo largo de un filamento de infección, a través del tejido cortical hasta llegar al área inmediata de la endodermis y el periciclo. Empiezan a producirse en esta región divisiones celulares y el nódulo crece rápidamente aumentando de volumen en dirección a la superficie de la raíz.

Otra observación bastante notable realizada por Wipf y Cooper, (1938), es la de que las células de los nódulos contienen un número de cromosomas doble del que se encuentra en las células somáticas normales de la planta. Ellos mismos, estudiando sobre la formación de nódulos en el guisante y en el algarrobo, mostraron que sólo se realiza con éxito la formación de nódulos, cuando las bacterias infectantes invaden células que contienen una dotación cromosómica doble de la normal (6).

A causa de la invasión estas células son estimuladas a realizar una actividad de tipo meristemático y originan el nódulo (6).

El factor o factores que son causa del profuso crecimiento de las células que forman los nódulos son desconocidos hasta la fecha (6).

El hecho conocido de que los Rhizobios producen una hormona vegetal, el ácido indolilacético condujo a Thiman (1939) a suponer que éste debe ser el estimulante. Esta teoría sólo

ha tenido una aceptación limitada, debido básicamente al hecho de que muchos otros organismos del suelo son capaces de producir ácido indolilacético (IAA), pero no son capaces de provocar la formación de nódulos (6).

#### La hemoglobina de los nódulos

La disección de un nódulo radical pone de manifiesto la presencia de un pigmento de color rojo de propiedades notablemente parecidas a las de la hemoglobina de los glóbulos rojos de la sangre. Dicho pigmento rojo se denomina con propiedad Hemoglobina, y resulta ser un producto del complejo Rhizobium-leguminosa, puesto que no se encuentra presente en ninguno de los dos organismos cultivados aisladamente (Allen y Allen 1958) Datos procedentes de investigaciones de distintos científicos han sugerido, sin lugar a dudas que la hemoglobina de los nódulos interviene en la fijación de nitrógeno (6).

Dos hechos, el que los nódulos privados de hemoglobina sean incapaces de fijar nitrógeno y el que como se desprende de numerosas investigaciones, (Virtanen y Miettinen 1963), - exista una correlación entre las concentraciones de hemoglobina y la intensidad de fijación de nitrógeno; nos llevan a la conclusión de que la hemoglobina y la fijación simbiótica de nitrógeno están íntimamente relacionadas. Lo anterior fue demostrado en un experimento realizado en soya. Aunque no se ha aclarado cuál es el papel que desempeña la Leghemoglobina en la fijación de nitrógeno, se ha propuesto la idea de que debe funcionar manteniendo la tensión de oxígeno, baja, que se requiere para la fijación de nitrógeno (6).

### Paso del nitrógeno fijado a la planta huésped

Aunque no se conoce perfectamente cómo tiene lugar el transporte de nitrógeno fijado simbióticamente desde el nódulo a la planta huésped, se acepta de modo general que, o bien tiene lugar una lisis de las células bacterianas que deja libres compuestos nitrogenados solubles en el citoplasma de la célula radical, o bien las células bacterianas excretan productos nitrogenados solubles al citoplasma de la célula radical. Es difícil decidir cuál de estas dos teorías es la correcta o si se realizan las dos posibilidades a la vez. Sea cual fuere la forma de cesión de nitrógeno fijado, el transporte eficaz de este nitrógeno queda asegurado por la diferenciación radical de los tejidos vasculares que conectan el nódulo con los conductos vasculares principales de la planta huésped (6).

### Selectividad y especificidad

Aunque no existe duda de que es la bacteria la que fija el  $N_2$  a través de la utilización de la enzima nitrogenada, y que existen cepas con diferencias en su eficiencia fijadora, la planta también controla la efectividad de fijación a través de no menos de diez genes que tienen funciones de controlar el tiempo hasta la nodulación, la selección de ciertas cepas de bacterias en la Rizosfera y los niveles de fijación que alcanza la simbiosis (8).

Los factores antes mencionados han dado lugar a establecer el término "selectividad" y "especificidad". La selectividad se puede enfocar en dirección bacteria-planta y planta-bacteria, o sea que no sólo son las características fisiológicas

propias de cada especie y/o cepas de Rhizobium las que definen la selección de la planta a nodular sino también el género, especie o variedad de leguminosa puede seleccionar el tipo de Rhizobium que la puede infectar (8).

Cada leguminosa está asociada con una especie particular de Rhizobium, por ejemplo, las bacterias que forman nódulos en el frijol de soya, no infectan a la alfalfa. Benjamín B. Bohiool y Edwin L. Schmidt de la Universidad de Minnessota, en 1974, descubrieron el primer elemento de mecanismo responsable en el reconocimiento para este proceso específico. Ellos identificaron una proteína en el frijol de soya que se fija a las células de Rhizobium japonicum (5).

Existen siete especies de Rhizobios clasificados y debe entenderse que existen muchos más géneros y especies de leguminosas que especies de Rhizobium. Los rizobiólogos han estudiado que existe cierta capacidad en cada especie de Rhizobium clasificada de nodular a uno o varios géneros de leguminosa - (no debe entenderse la capacidad de nodulación como sinónimo de capacidad de fijación de  $N_2$  en forma efectiva), dentro de ésta última situación puede explicarse la definición de "especificidad", ya que en muchos casos una especie y/o cepa de Rhizobium que nodula eficientemente a una determinada especie de leguminosa no puede hacerlo si se cambia la especie y/o variedad de la planta. Esto es debido indudablemente a factores genéticos específicos (8).

#### Fisiología de la fijación del $N_2$ por el Rhizobium

El principal producto de la fijación de nitrógeno es el

amonio ( $\text{NH}_3$ ) el cual es asimilado tan rápido como es formado (4).

La molécula de  $\text{N}_2$  es un gas inerte y muy estable, poco reactivo debido al triple enlace que posee. Los sustratos necesarios para la reacción de la nitrogenasa y formación de  $\text{NH}_3$  son: 6 electrones generados, 6 moléculas de H:  $\text{N}_2 + 6\text{e} + 6\text{H} = \text{NH}_3$  (9).

Aunque para realizar la reacción se necesita energía y ésta es proveída a través del ATP formado de carbohidratos, como por ejemplo: la glucosa es generada por la leguminosa y cedida a la bacteria (2).

Otro sustrato que debe estar presente es el ión  $\text{Mg}^{2+}$ , ya que si no existe, la enzima nitrogenasa no funciona. El Mg forma una sal con el ATP (Mg ATP) la cual permite que sea cedida la energía que éste puede dar (2).

#### Criterio de efectividad de la fijación simbiótica

La base más directa de la evaluación es el nitrógeno total obtenido por la planta; a raíz de su asociación con un Rhizobium específico (11).

Cuando las condiciones experimentales son tales que el N asimilable es el principal factor limitante del desarrollo de la planta, la simple determinación del peso de ésta, es probablemente lo más adecuado. El nitrógeno total y el rendimiento de la planta están en realidad muy relacionados, aunque puede perderse cierto grado de diferenciación cuando se usa

peso seco, debido a la mayor concentración de N en el tejido de plantas con una cantidad adecuada de este elemento, que en las plantas deficientes (11).

La relación entre el rendimiento y el porcentaje de N puede diferir algunas veces según que las plantas reciban N fijado simbióticamente o N combinado asimilable (11).

Cuando el N es un factor limitativo, la apariencia y el rendimiento de la porción aérea de las plantas, dan una buena indicación acerca del éxito relativo del inóculo. Los resultados de los ensayos de campo se expresan generalmente en términos de peso seco de la planta y/o semilla sobre una superficie determinada, o como rendimiento en nitrógeno. El valor de los datos de N puede apreciarse en los resultados obtenidos en la alfalfa por Schiffman (1958) citado por J.M. Vincent. El más alto porcentaje encontrado de N en plantas noduladas eficazmente, (2.7 - 3.7%), comparado con el de los testigos no inoculados, severamente limitados, (1.3 - 2.5%), permitió una mejor diferenciación entre la mayoría de los tratamientos (11).

Si bien el rendimiento de una parcela da una medida general del éxito de la inoculación, las causas de las diferencias entre los distintos tratamientos, resultan más evidentes cuando el resultado se refiere a la proporción de plantas noduladas y se expresa en términos de rendimiento de cada una de ellas. Si la nodulación es claramente diferenciable como "eficaz" o "ineficaz", las plantas noduladas deberán también agruparse según este criterio (11).

Una clasificación basada en la nodulación resulta a menu

do difícil. Cuando los rhizobios naturales son escasos o claramente infeficaces, el rendimiento logrado por el inóculo - más eficaz puede apreciarse mediante un examen directo de la presencia, posición y forma de los nódulos. Esto último puede dar también un indicio de la rapidez con que se ha establecido el inoculante (11).

Las estimaciones visuales progresivas son importantes, pero para la evaluación definitiva es indispensable determinar el rendimiento. Deben buscarse nódulos en leguminosas no inoculadas y registrar:

- a) la proporción de plantas noduladas;
- b) la abundancia o escasez de nódulos en plantas noduladas;
- c) la ubicación de nódulos en el sistema radicular;
- d) el tamaño y apariencia de los nódulos; si son blancos al seleccionarlos, rosa con hemoglobina, o si presentan una zona verde en la base de un área roja limitada, lo que indicaría la presencia anterior de hemoglobina. (ésta última condición debe ser interpretada en relación con el estado de madurez del nódulo y con las condiciones que afectan el desarrollo de la planta y fotosíntesis (11).

La respuesta a la inoculación es una prueba positiva; la falta de respuesta puede ser debida a: a) que la nodulación natural es adecuada; b) que el inóculo aplicado no se estableció (por fallas de sobrevivencia o en su capacidad colonizado

ra o por competencia de rizobios del lugar; c) que hay condi ciones desfavorables para la formación y funcionamiento de los nódulos (humedad, temperatura, deficiencias nutricionales, N combinado) (11).

#### Número necesario de rizobios por semilla

El número de rizobios que necesita ser aplicado a la se milla varía de unos pocos a muchos miles, de acuerdo con las condiciones reinantes antes y después de la siembra. Esto incluye tiempo y temperatura de mantenimiento antes de sembrar, cualquier factor tóxico asociado con la semilla, el uso beneficioso de aditivos y peleteo, pH y temperatura del suelo, humedad y la competencia o antagonismo con microorganismos ya presentes en el suelo. A pesar de ésto, sería de esperar dificultades cuando el número de rizobios aplicado por semilla sea menos de 100 (cien) (11).

## V. MATERIALES Y METODOS

### V.1. Descripción del área

El experimento fue montado en la finca "Miramundo", ubicada en jurisdicción de la Aldea Tierra Colorada del municipio de San José la Arada, del departamento de Chiquimula. Tiene acceso por un camino de terracería transitable en todo tiempo, que sale del extremo sur-oeste de la ciudad de Chiquimula y se encuentra a siete kilómetros de la misma.

### V.2. Edafología y clima

Se utilizó un terreno regable por inundación. De textura franco-arenosa, buena profundidad, plano y con buen drenaje.

Los datos meteorológicos de esa región fueron los siguientes: 916mm, anuales de precipitación, siendo los meses de lluvia de mayo a octubre; temperatura mínima: 19°C, máxima 27°C; humedad relativa 67% altura sobre el nivel del mar 360.7 metros.

### V.3. Material experimental básico

- 864.0 m<sup>2</sup> de terreno
- 100 estacas de madera
- 100 bolsas de nylon
- Cinta métrica
- 6.24 Kg de Urea
- 9.40 Kg de triple superfosfato

- 7.20 Kg de Muriato de potasio
- 192 gr de molibdato de amonio
- 816 gr de inoculante en base de turba, para Arachis hypogaea
- 312 gr de inoculante en base de turba, para Glycine max
- 80 gr de goma arábica
- 4.8 gr de carbonato de calcio
- 8.16 Kg de semilla de Arachis hypogaea
- 3.12 Kg de semilla de Glycine max
- 10 bolsas de polietileno
- 4 pliegos de papel manila
- Pipetas graduadas
- Probeta
- Balanza analítica
- Tubos de ensayo
- 48 recipientes de plástico para recolección de nódulos

#### V.4. Descripción de los inoculantes

El inoculante usado para Arachis hypogaea, fue una mezcla de tres cepas de Rhizobium seleccionadas, pertenecientes a la serie de inoculantes del proyecto NIFTAL, identificadas con la siguiente numeración: TAL 1000, TAL 169 y TAL - 1371.

El inoculante usado para Glycine max, fue una mezcla de tres cepas de Rhizobium seleccionadas, pertenecientes a la serie de inoculantes del proyecto NIFTAL, identificadas con la siguiente numeración: TAL 102, TAL 377 y TAL 379.

#### V.5. Varietades de semilla utilizada

De la especie Arachis hypogaea (maní), se utilizó la variedad criolla que tradicionalmente siembran los agri-

cultores del departamento de Chiquimula.

De la especie Glycine max (soya), se utilizó la variedad Júpiter, proporcionada por el ICTA.

#### V.6. Fertilidad del área de experimento

Antes de realizar el experimento se practicó un muestreo del suelo; se obtuvieron cuatro muestras las cuales fueron llevadas al laboratorio del ICTA. Los resultados fueron los siguientes:

MUESTRA	pH	microgramos/ml		meq/100 ml de suelo	
		P	K	Ca	Mg
1	7.8	19.58	85	30.00	3.20
2	7.9	18.08	98	30.00	3.78
3	8.1	23.75	113	30.00	3.69
4	8.0	37.83	88	30.00	3.12

#### V.7. Tratamiento y su descripción

Hubieron tres tratamientos básicos: Plantas inoculadas con Rhizobium, plantas no inoculadas y plantas no inoculadas pero abastecidas con fertilizante nitrogenado. Además se evaluaron dos niveles de fertilidad: a) Fertilidad de campo y b) Un nivel. que no limitara el crecimiento de la planta por falta de fósforo y potasio.

Los tratamientos fueron los siguientes:

**FERTILIDAD CAMPO:**

F-1 Ningún nitrógeno fertilizante  
Ninguna inoculación  
Ningún otro fertilizante.

F-2 25 Kg de N/Ha, distribuido por hileras a la siembra y 75 Kg de N/Ha, a las cuatro semanas de la siembra, aplicado también en hileras  
Ninguna inoculación  
Ningún otro fertilizante

F-3 Ningún nitrógeno fertilizante  
Inoculación con Rhizobium  
Ningún otro fertilizante

**FERTILIDAD MAXIMA:**

M-1 Ningún nitrógeno fertilizante  
Ninguna inoculación  
100 Kg de P/Ha y 100 Kg de K/Ha.

M-2 Nitrógeno fertilizante tal como en F-2  
Ninguna inoculación  
100 Kg de P/Ha y 100 Kg de K/Ha

M-3 Ningún nitrógeno fertilizante  
Inoculación con Rhizobium  
100 Kg de P/Ha y 100 Kg de K/Ha

**NOTA:**

A cada unidad experimental (tratamiento), se aplicaron cuatro gramos de Molibdato de amonio. (El Molibdeno, de acuerdo a la investigación existente, es imprescindible para la fijación de nitrógeno y se incluye como enmienda para prevenir su deficiencia en el suelo).

### V.8. Diseño de las parcelas experimentales

Se establecieron cuatro repeticiones que hicieron un total de 24 parcelas por ensayo, en un diseño de Bloques al azar, con arreglo combinatorio de 3 x 2.

### V.9. Modelo estadístico y análisis empleado

$$Y_{ijk} = M + i + j + ij + k + ijk$$

En donde:

- $Y_{ijk}$  = variable respuesta
- M = efecto de la media general
- i = efecto de la i...ésima modalidad del factor
- j = efecto de la j...ésima modalidad del factor
- ij = efecto de la interacción
- k = efecto del k...ésimo bloque
- ijk = error experimental

A cada uno de los datos que se tomaron se les aplicó un análisis de varianza.

### V.10. Datos que se tomaron

- a) Número de nódulos a la floración
- b) volumen de nódulos en  $\text{cm}^3$ ,
- c) peso de nódulos en gr.,
- d) peso seco de la parte aérea de la planta, en gr.,
- e) rendimiento, en Kg/ha

Los datos a), b) y c), pertenecen al muestreo temprano, y fue realizado sobre 10 plantas.

### V.11. Preparación del suelo

Se limpió el terreno eliminando malezas y restos de cosecha, luego se dieron dos pasadas de arado (tirado con bueyes), dejando formados surcos de 60 cm. de ancho, sin haber aplicado ningún riego.

### V.12. Preparación de la semilla

1. Se hizo previamente una prueba de germinación, habiendo reportado 85% de germinación para Arachis h., y 95% para Glycine m.
2. Se limpió la semilla, eliminando materia inerte, semillas quebradas y semillas deformes.
3. Se llevó a cabo la inoculación utilizando un procedimiento que permitió que fuera aplicado el mayor número de Rizobios por semilla, y fue de la siguiente manera:

#### Preparación de la goma arábiga

Se calentaron 100 ml, de agua destilada, casi a ebullición, en un recipiente, luego se agregó goma arábiga en polvo en lotes pequeños, suspendiendo hasta que fue disuelto completamente un total de 40 gr de goma.

Después se añadieron 2.4 gr de Carbonato de calcio a la solución; se agitó para mezclar y se dejó enfriar.

#### Inoculación de la semilla

Se pesaron 100 gr de semilla y, colocados en una bolsa de polietileno, se le agregaron 4 ml. de solución de -

goma arábica. Tomando la bolsa por el cuello y dejando un es  
pacio con aire, se agitó hasta lograr que todas las semillas  
quedaran cubiertas con la goma.

A continuación se agregaron 10 gr de inoculante en base  
de turba, proporcionado por NIFTAL, y nuevamente se agitó du  
rante 60 segundos, quedando todas las semillas totalmente cu  
biertas con el inoculante.

Luego se vació el contenido de la bolsa en un papel lim  
pio para que las semillas se secan al aire, sin recibir la  
luz directa del sol.

Esta secuencia de pasos fue repetida con cada lote de  
100 gramos de semilla hasta completar la cantidad requerida  
para el ensayo, utilizando una bolsa nueva cada vez. Segui-  
damente fueron sembradas las semillas en el terreno previa-  
mente preparado.

#### V.13. Manejo del experimento

Se trazaron las parcelas, 24 por cada ensayo, mar  
cando el terreno con estacas de madera. Cada parcela, cuyas  
medidas fueron 2.4 x 7.5 metros, fue identificada con la no-  
menclatura descrita para los tratamientos en el punto V.7.

Se aplicaron los fertilizantes en hileras, en las propor-  
ciones descritas en el punto V.7. y cubiertos con una capa de  
suelo.

Se sembró la semilla, primero la no inoculada y después la inoculada. A continuación se aplicó riego por gravedad, luego no fue necesario ningún otro riego, pues se estableció en el área un adecuado régimen de lluvias.

A los cinco días de la siembra habían germinado totalmente las semillas de Glycine max y a los seis días las de Arachis hypogaea.

A los quince días después de la siembra, se realizó la primera limpia con azadón. Cuatro semanas después de la siembra, luego de haber realizado la segunda limpia, se hizo la segunda aplicación de Urea en las parcelas identificadas como F-2 y M-2, de acuerdo a lo indicado en el punto V.7.

A los cincuenta y tres días después de la siembra, se realizó la tercera limpia con azadón y a continuación se hizo el muestreo temprano en el ensayo de Arachis hypogaea, tomando diez plantas de cada unidad experimental.

Se separó, en el campo, la raíz de la parte aérea de cada planta. La parte aérea fue pesada inmediatamente y las raíces llevadas al laboratorio de Microbiología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde fueron separados los nódulos y obtenidos los datos de su peso, volumen y número. La parte aérea fue colocada en bolsas de papel y secada al horno, para luego obtener su peso seco.

Cinco días más tarde, se hizo el mismo muestreo en el ensayo de Glycine max, realizando los mismos pasos que en el ensayo de Arachis h.

Ochenta y seis días después de la siembra se hizo otra -  
limpia con azadón, luego no fue necesaria ninguna otra prácti-  
ca.

No se utilizó ningún tipo de pesticida, ya que no se pre-  
sentó ningún problema que lo ameritara. Sólo se detectó, al  
hacer el muestreo temprano, ataque de nemátodos en pocas plan-  
tas de dos unidades experimentales.

Las plantas de Glycine max fueron cosechadas 136 días des-  
pués de la siembra. Sólo se cosecharon 5 metros lineales de  
los dos surcos centrales de cada unidad experimental, para eli-  
minar al efecto de borde.

El grano fue secado al sol durante dos días y luego fue  
determinado su peso y porcentaje de humedad, en el laborato-  
rio de la estación de INDECA que se encuentra en el municipio  
de San Estebán, del departamento de Chiquimula.

El ensayo de Arachis hypogaea fue atacado por una plaga  
de zorrillos cuando el grano llegaba a su punto de madurez.  
El ataque fue sorpresivo y no se aplicó ningún veneno.

## VI. RESULTADOS

Los cuadros que a continuación se presentan muestran los resultados sintéticos de los diferentes andevas realizados, - así como de las medias totales y comparadas de los parámetros y variables analizadas.

En los cuadros 1, 2 y 3 se presentan los datos del ensayo de Arachis hypogaea y en los cuadros 4, 5 y 6 los de Glycine max.

CUADRO 1. Cuadro general de significancia entre medias de tratamientos para las variables analizadas en Arachis hypogaea

VARIABLES	Fuente de variación y significancia obtenida entre		
	Niveles de fertilidad	Efecto del inoculante	Nivel de fertilidad x Efecto del inoculante
No. de nódulos de 10 plantas	N.S.	+	N.S.
Volumen de nódulos/10 plantas	N.S.	+	N.S.
Peso fresco de nódulos (gr.) de 10 plantas	N.S.	+	N.S.
Peso seco de 10 plantas (gr)	N.S.	N.S.	N.S.

+ = Sí hay significancia

N.S.= No hay significancia

CUADRO 2. Medias de tratamiento para cada variable analizada en el cultivo de maní (Arachis hypogaea)

Identificación del tratamiento y valores promedio de la variable analizada				
Tratamiento	Número de nódulos de 10 plantas	Volumen nódulos de 10 plantas cm <sup>3</sup>	Peso fresco nódulos de 10 plantas gr	Peso seco 10 plantas gr
F-1 = Ninguna aplicación de N, y fertilidad de campo	600.25	7.50	3.94	225.35
F-2 = Aplicación de urea y fertilidad de campo	568.25	6.45	3.30	249.80
M-1 = Ninguna aplicación y fertilidad máxima	717.25	9.23	4.91	213.95
M-2 = Aplicación de urea y fertilidad máxima	554.50	6.65	3.53	207.40
M-3 = Inoculación con <u>Rhizobium</u> y fertilidad máxima	912.75	11.90	6.25	267.38

CUADRO 3. Comparación de medias, arregladas en orden descendente, de los análisis que resultados con diferencia estadística significativa.

3.1. Efecto del inoculante sobre el número de nódulos de 10 plantas de Arachis hypogaea.

Tratamiento	media
F-3 y M-3	860.38 a
F-1 y M-1	658.75 b
F-2 y M-2	561.38 b

3.2. Efecto del inoculante sobre el volumen de 10 plantas de Arachis hypogaea

Tratamiento	media
F-3 y M-3	11.26 a
F-1 y M-1	8.36 b
F-2 y M-2	6.55 b

3.3. Efecto del inoculante sobre el peso fresco de nódulos de 10 plantas de Arachis hypogaea

Tratamiento	media
F-3 y M-3	6.04 a
F-1 y M-1	4.42 b
F-2 y M-2	3.42 b

NOTA: Para las medias de los demás factores evaluados, no existió diferencia estadística significativa.

El cambio de letra a,b, a la derecha de las medias indica que hay diferencia significativa.

CUADRO 4. Cuadro general de significancia entre medias de tratamientos, para las variables analizadas en Glycine max

VARIABLE	Fuente de variación y significancia obtenida entre:		
	Niveles de fertilidad	Efecto del inoculante	Nivel de fertilidad x Efecto del inoculante
Número de nódulos de 10 plantas	+	+	+
Volumen de nódulos 10 plantas	N.S.	+	N.S.
Peso fresco de nódulos (gr.) de 10 plantas	N.S.	+	N.S.
Peso seco de 10 plantas (gr.)	+	N.S.	+
Rendimiento en grano a 12% de humedad	+	+	N.S.

+ = Sí hay significancia  
 N.S. = No hay significancia

CUADRO 5. Medias de tratamiento para cada variable analizada en el cultivo de soya, (Glycine max)

Identificación del tratamiento y valores promedio de la variable analizada					
Tratamiento	No. nódulo 10 plantas	Vol. nódulo de 10 plantas cm <sup>3</sup>	Peso fresco nódulos 10 plantas gr	Peso seco de 10 plantas gr	Rendimien to a 12% húmedad Kg/ha
F-1 = Ninguna aplicación de N, y fertilidad de campo	0.00	0.00	0.00	117.00	2133.290
F-2 = Aplicación de urea y fertilidad de campo	0.00	0.00	0.00	118.00	4270.125
F-3 = Inoculación con <u>Rhizobium</u> y fertilidad de campo	93.75	3.48	1.80	166.68	3848.263
M-1 = Ninguna aplicación de N, y fertilidad máxima	0.00	0.00	0.00	276.23	4584.373
M-2 = Aplicación de urea y fertilidad máxima	0.00	0.00	0.00	259.83	5460.933
M-3 = Inoculación con <u>Rhizobium</u> y fertilidad máxima	218.0	4.35	2.26	172.43	5426.115

CUADRO 6. Comparación de medias, arregladas en orden descendente, de los análisis que resultaron con diferencia estadística significativa

6.1. Efecto del nivel de fertilidad sobre el número de nódulos de 10 plantas de Glycine max

Tratamiento	media
F-1, F-2 y F-3	3.56 a
M-1, M-2 y M-3	5.35 b

6.2. Efecto del nivel de fertilidad sobre el peso seco de 10 plantas de Glycine max. (gr)

Tratamiento	media
F-1, F-2 y F-3	157.23 a
M-1, M-2 y M-3	236.16 b

6.3. Efecto del nivel de fertilidad sobre el rendimiento en grano a 12% de humedad de Glycine max, (Kg/ha)

Tratamiento	media
F-1, F-2 y F-3	3417.23 a
M-1, M-2 y M-3	5157.14 b

6.4. Efecto del inoculante sobre el volumen de nódulos de 10 plantas de Glycine max (cm)

Tratamiento	media
F-3 y M-3	3.91 a
F-2 y M-2	0.00 b
F-1 y M-1	0.00 b

6.5. Efecto del inoculante sobre el peso fresco de nódulos de 10 plantas de Glycine max (gr)

Tratamiento	media
F-3 y M-3	2.03 a
F-2 y M-2	0.00 b
F-1 y M-1	0.00 b

6.6. Efecto del inoculante sobre el rendimiento en grano a 12% de humedad de Glycine max, (Kg/ha)

Tratamiento	media
F-2 y M-2	4865.53 a
F-3 y M-3	4637.19 a b
F-1 y M-1	3358.83 b

6.7. Efecto del nivel de fertilidad X inoculante sobre el número de nódulos de 10 plantas de Glycine max

Tratamiento	media
M-3	218.00 a
F-3	93.75 b
M-2	0.00 c
F-2	0.00 c
M-1	0.00 c
F-1	0.00 c

NOTA: El cambio de letra a,b, a la derecha de las medias indica que hay diferencia significativa.

6.8. Efecto del nivel de fertilidad X inoculante sobre el peso seco de 10 plantas de Glycine max (gr.)

Tratamiento	media	
M-1	276.23	a
M-2	259.83	a
F-2	188.00	a b
M-3	172.43	a b
F-3	166.68	a b
F-1	117.00	b

NOTA: El cambio de letra a,b,a la derecha de las medias indica que hay diferencia significativa.

## VII, DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados del presente estudio los dividiremos para su discusión en dos partes. En la primera parte se tratará - el efecto de los tratamientos evaluados sobre plantas de maní (Arachis hypogaea), y la segunda sobre los efectos observados en soya (Glycine max). Esto obedece a que cada especie fue ma nejada como un ensayo diferente.

### a) Efectos observados en Arachis hypogaea

Los cuadros 1, 2 y 3 muestran los resultados obtenidos como efecto de los seis tratamientos aplicados al ensayo.

El cuadro 1 solamente muestra la significancia obtenida del análisis estadístico para cada una de las variables evalua das. Claramente se observa que en el suelo donde se trabajó no existe ninguna diferencia en nodulación (número, volumen y peso fresco de nódulos), y el peso seco de plantas, cuando és tas están o no fertilizadas con 100 Kg/ha de fósforo y potasio (P y K). El mismo caso se presentó con la interacción nivel - de fertilidad-efecto del inoculante. En este ensayo únicamen te se manifestaron diferencias estadísticas significativas so bre la nodulación por efecto de la aplicación del inoculante.

El cuadro 2 muestra los valores promedio obtenidos en ca da variable y con cada tratamiento, más el análisis del cuadro 3 y los sub-cuadros 3.1, 3.2 y 3.3 permiten encontrar cuáles fueron los tratamientos sobresalientes de la prueba.

La primera de las variables presentada con diferencias estadísticas significativas es el número de nódulos. En el suelo en que se sembró el ensayo se ha cultivado maní tradicionalmente, ésta razón explica el hecho de que se obtuviera una considerable nodulación en los tratamientos no inoculados, lógicamente debido a cepas nativas de Rhizobium sp. (ver cuadro 2). Sin embargo, tanto el número como el volumen y peso de nódulos de los tratamientos inoculados (F-3 y M-3) superaron notablemente a los no inoculados (ver cuadros 3.1, 3.2 y 3.3).

El peso de la planta es otro factor que muestra que los tratamientos inoculados presentaron mayor eficiencia fijadora de nitrógeno, corroborando lo citado por Godoy Helguero (7), quien indica que la disminución o incremento de la nodulación disminuye o aumenta el peso y altura de plantas en una relación directa. Debe aclararse que esta variable no manifestó diferencias estadísticas significativas, pero si vemos el cuadro 2 en su columna 4, o bien en el cuadro 4 del apéndice I, nos daremos cuenta de que el promedio de los tratamientos inoculados (F-3 y M-3) fue superior a los tratamientos sin inoculante y con nitrógeno, identificados con los símbolos F-1, F-2 y M-1 y M-2 respectivamente.

Durante el experimento se pudo observar, en muestreos tempranos, un mayor porcentaje de nódulos grandes en los tratamientos inoculados, así como mayor desarrollo de plantas en dichos tratamientos.

Como otro dato complementario a los tomados, y que sirva

para dar con mayor firmeza un diagnóstico de efectividad o infectividad del Rhizobium, se había considerado tomar el rendimiento de semilla pero desafortunadamente una plaga de zorriillos en magnitudes dañinas se alimentó de la misma antes de la cosecha y no pudo determinarse el rendimiento final, por lo que la discusión de resultados ha tenido que circunscribirse a los datos del muestreo temprano, que afortunadamente vierten suficiente información para tener un criterio sobre los inoculantes evaluados.

b) Efectos observados en Glycine max

Al igual que en el ensayo de maní, se presentan en el cuadro 4 los resultados de la significancia obtenida al analizar las diferentes variables.

La respuesta aquí fue un tanto diferente a la de maní, ya que se observaron diferencias estadísticas significativas no sólo debido a la aplicación de inóculo sino también en el nivel de fósforo y potasio aplicado y en la interacción nivel de fertilidad-efecto del inoculante.

En el cuadro 5 se muestran las medias obtenidas para cada variable y en el cuadro 6 aparecen las diferencias entre medias de cada variable que resultó con diferencias estadísticas significativas.

En el cuadro 6.7, para la variable número de nódulos, podemos ver que en aquellos tratamientos no inoculados, las plantas no nodularon, debido indiscutiblemente a la falta de Rhizobium japonicum en el suelo, el cual es específico para la so

ya. Y dado que esta especie nunca había sido cultivada en el área experimental, era de esperarse tal respuesta.

La misma variable (número de nódulos) mostró diferencias debidas a la aplicación de P y K (ver cuadro 4 columna 1 y cuadro 6.7), ya que los tratamientos con P y K (M-3) mostraron una mayor nodulación debido posiblemente a una mejor nutrición de la planta, que favoreció la invasión de mayor número de bacterias en las raíces. Sin embargo, el mayor número de nódulos no influyó el volumen y peso de los mismos, y los tratamientos inoculados con P y K (M-3) fueron estadísticamente iguales de P y K (F-3) (ver cuadro 4, columnas 1 y 2). Esto implica que existe un mayor tamaño de nódulos en los tratamientos inoculados sin P y K, y que los nódulos de los tratamientos inoculados con adición de P y K, eran más pequeños.

El rendimiento de biomasa (peso seco de plantas) no manifestó ninguna diferencia estadísticamente significativa por efecto de inoculante, aunque sí lo hizo entre los dos niveles de fertilidad aplicados (ver cuadro 4 línea 4). Esto significa que la biomasa producida por efecto de fijación de  $N_2$  atmosférico no fue detectada estadísticamente, más el parámetro rendimiento de grano (cuadro 4, línea 5), que es complementario e importante, manifestó que existen diferencias estadísticas significativas, las cuales reflejan que los tratamientos con nitrógeno aplicado (F-2 y M-2) y los tratamientos con inóculo (F-3 y M-3) son superiores a los tratamientos testigo (F-1 y M-1) (ver cuadro 6.6).

Los resultados obtenidos confirman el beneficio de inocular con cepas eficientes que suplen las necesidades de nitró-

geno para la planta, inclusive a un costo económico bajo.

Aunque el número, volumen y peso de nódulos no fue muy grande en este experimento, debe manifestarse que probablemente se debió a una baja población de Rhizobios inoculados, afectados por un período de adaptación en el suelo que poseía un pH 8.0 y que además fue inoculado por primera vez.

A pesar de la escasa nodulación observada en los tratamientos inoculados se obtuvieron altos rendimientos, incluso en los tratamientos fertilizados con urea como fuente de nitrógeno, - los que al ser comparados no mostraron diferencia estadística - significativa.

Por otro lado podemos decir que el cultivo de Glycine max (soya) resulta ser exigente de buenas cantidades de fósforo y potasio, ya que sí existió diferencia altamente significativa entre los niveles de fertilidad: Fertilidad de campo y Fertilidad máxima, a pesar de que la fertilidad de campo presente un análisis de suelo con buenas proporciones de los elementos mencionados (ver cuadros 6.1, 6.2 y 6.3).

## VIII. CONCLUSIONES

Arachis hypogaea

1. Los tratamientos F-3 y M-3 inoculados con la mezcla de las cepas: TAL 1000, TAL 169 y TAL 1371 de Rhizobium sp., fijaron mayor cantidad de nitrógeno que los tratamientos no inoculados.
2. Los tratamientos sin nitrógeno y sin inoculación, (F-1 y M-1), mostraron una considerable nodulación, debido a la existencia de cepas nativas de Rhizobium sp.
3. La nodulación en los tratamientos con nitrógeno inorgánico (Urea) aplicado (F-2 y M-2) se vio ostensiblemente disminuída en número, volumen y peso.
4. Entre los niveles de fertilidad utilizados (Fertilidad de campo y Fertilidad máxima) no hubieron diferencias estadísticas significativas, debido posiblemente a la buena proporción de nutrientes presentes en el suelo en estado natural. Pero en suelos poco fértiles sí podría presentarse diferencia significativa entre los dos niveles de fertilidad citados.

Glycine max

1. En el suelo no existen cepas nativas de Rhizobium japonicum por lo que sólo nodularon tratamientos inoculados.

2. El nivel de fertilidad máxima provocó un aumento significativo en el número de nódulos, más no en volumen y peso de los mismos.
3. Los mejores rendimientos los presentaron los tratamientos en los que se aplicó Urea y en los que se inoculó con Rhizobium, (M-2 y M-3) lo que implica la conveniencia de aplicar inoculantes, ya que los rendimientos fueron estadísticamente iguales en ambos tratamientos.

## IX. RECOMENDACIONES

Arachis hypogaea

1. Para suelos con fertilidad de campo igual o similar a la presentada por el suelo usado en este ensayo, se recomienda inocular las semillas al momento de la siembra con cepas seleccionadas en Rhizobium para Arachis hypogaea, usando el nivel de Fertilidad de campo.

Glycine max

1. Se recomienda continuar con experimentos en el cultivo de soya (Glycine max) en la región donde se desarrolló el trabajo, dado el excelente rendimiento experimental obtenido.
2. Se recomiendan más estudios de inoculantes en soya cultivada en suelos con pH 8.0 característicos de la región, para determinar si el problema de baja nodulación se debió al pH o a la falta de un período de adaptación de la bacteria.

## X, BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA MEJIA, R.G. Evaluación del efecto simbiótico de catorce cepas de Rhizobium phaseoli, en tres variedades mejoradas de frijol negro de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1974. 39 p.
2. \_\_\_\_\_. Fijación de N<sub>2</sub> atmosférico por Rhizobium, su importancia y alternativas para Guatemala. Guatemala, Facultad de Agronomía, s.f. 48 p.
3. BANCO DE GUATEMALA. El maní, situación nacional e internacional. Informe Económico (Guatemala) 26(1):39-79. 1979.
4. \_\_\_\_\_. Bases para un programa de fomento de cultivo de la soya. Informe Económico (Guatemala) 29(1):1-57. 1982.
5. BRILL, W.J. Fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico. Reportajes de actualidad en el mundo. s.n.t.
6. DEVLIN, R.M. Fisiología vegetal. 3 ed. Barcelona, Omega, 1980. pp.328-332.
7. GODOY HELGUERO, C.E. Efecto de cinco insecticidas sistématicos sobre la viabilidad del Rhizobium japonicum, y el desarrollo nodular en plantas de soya. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 52 p.
8. GRAHAM, P.H. Importancia del hospedero en la nodulación y fijación de nitrógeno con leguminosas, con algunas sugerencias para mejorarlas. Cali, Colombia, CIAT, 1982. 67 p.
9. HAWAII. UNIVERSIDAD. COLEGIO DE AGRICULTURA TROPICAL Y RECURSOS HUMANOS. Sistema internacional de ensayos de inoculación de leguminosas. Traducción al español por Evangelina Cuautle Fabián. Hawaii, s.f. 24 p.

10. MORFOLOGIA, FISIOLOGIA e bioquímica do Rhizobium. Mircen, Brasil, s.e., 1980. 48 p.
11. VINCENT, J.M. Manual práctico de rhizobiología. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1975. 200 p.
12. WILSON C.L. y LOOMIS W.E. Botánica. Traducción al español de la 4 ed. en inglés por Dra. Irina L de Coll. México, UTEHA, 1968. pp.230-233.



*Olga de Ramírez*  
Vo.Bo. Lid. Olga de Ramírez

## APENDICE I

Detalle de resultados y andevas del experimento de

Arachis hypogaea (Maní)

RESULTADOS OBTENIDOS PARA MANI (Arachis hypogaea)

CUADRO 1. Número de nódulos de 10 plantas

Tratamiento	Repeticiones				Promedio tratamiento	Promedio del factor inoculante
	I	II	III	IV		
F-1	622	557	654	568	600.25	
M-1	820	578	671	800	717.25	658.75
F-2	538	533	562	640	568.25	
M-2	495	543	542	638	554.50	561.38
F-3	775	607	650	1200	808.00	
M-3	978	918	725	1030	912.75	860.38

CUADRO 2. Volumen de nódulos de 10 plantas (cm<sup>3</sup>)

F-1	6.5	7.7	7.8	8.0	7.50	
M-1	8.3	6.3	9.6	12.7	9.23	8.36
F-2	5.5	5.7	6.5	8.1	6.45	
M-2	5.4	5.9	6.5	8.8	6.65	6.55
F-3	8.2	6.1	12.4	15.8	10.63	
M-3	12.2	10.6	9.0	15.8	11.90	11.26

CUADRO 3. Peso fresco de nódulos de 10 plantas (gr)

F-1	3.33	3.97	4.27	4.19	3.94	
M-1	3.94	3.39	5.34		6.96	4.91
F-2	2.73	2.79	3.33	4.36	3.30	
M-2	2.84	3.08	3.34	4.88	3.53	3.42
F-3	4.44	3.36	6.65	8.84	5.82	
M-3	6.37	5.55	4.60	8.48	6.25	6.04

CUADRO 4. Peso seco de la parte aérea de 10 plantas (gr)

Tratamiento	Repeticiones				Promedio tratamiento	Promedio del fac- tor inocu lante
	I	II	III	IV		
F-1	164.8	291.7	276.3	168.6	225.35	
M-1	103.8	188.5	323.8	239.7	213.95	219.65
F-2	283.9	224.4	225.5	265.4	249.80	
M-2	139.4	167.5	302.6	223.1	207.40	228.60
F-3	209.4	249.5	399.7	454.9	326.38	
M-3	258.0	320.2	223.5	267.8	267.38	297.88

## CUADRO GENERAL DE ANDEVAS PARA LAS VARIABLES ANALIZADAS DE

Arachis hypogaeaNúmero de nódulos de 10 plantas

F.V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calc.	Signifi- cancia	Valor del comparador Tukey
BLOQUE	3	137299.0	45766.33	3.44	0.0434	
TRATA- MIENTO	5	421797.0	84359.40	6.34	0.0027	
A	1	28843.0	28843.00	2.17	0.1586	
B	2	372095.0	186047.50	13.99	0.0006	187.54
AB	2	20859.0	10429.50	0.78	0.5221	
ERROR	15	199455.0	13297.00			
TOTAL	23	758551.0				

COEFICIENTE DE VARIACION: 16.63%

Volumen de nódulos de 10 plantas

BLOQUE	3	70.71	23.57	7.86	0.0025	
TRATA- MIENTO	5	99.68	19.94	6.55	0.0022	
A	1	6.82	6.83	2.28	0.1490	
B	2	90.40	45.80	15.08	0.0004	2.815
AB	2	2.45	1.22	0.41	0.6757	
ERROR	15	44.94	2.99			
TOTAL	23	215.34				

COEFICIENTE DE VARIACION: 19.83%

Peso fresco de nódulos de 10 plantas

BLOQUE	3	24.54	8.18	8.86	0.0016	
TRATA- MIENTO	5	30.13	6.04	6.55	0.0023	
A	1	1.78	1.78	1.92	0.1829	
B	2	27.86	13.93	15.09	0.0004	1.56
AB	2	0.58	0.29	0.31	0.7379	
ERROR	15	13.84	0.92			
TOTAL	23	68.62				

COEFICIENTE DE VARIACION: 20.76%

F.V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calc.	Significancia	Valor del comparador TUKEY
BLOQUE	3	32844	10948	2.30	0.1177	
TRATA- MIENTO	5	40626	8125	1.71	0.1925	
A	1	8786	8786	1.85	0.1915	
B	2	29328	14664	3.08	0.0741	
AB	2	2511	1255	0.26	0.7739	
ERROR	15	71243	4749			
TOTAL	23	144713				

**COEFICIENTE DE VARIACION: 27.71%**

A = Niveles de fertilidad

B = Tratamientos básicos de inoculación

NOTA: La significancia está directamente expresada al 0.05, o sea 5%.

**APENDICE II**

**Detalle de resultados y andevas del experimento de**

**Glycine max (Soya)**

RESULTADOS OBTENIDOS PARA SOYA (Glycine max)

CUADRO 1 Número de nódulos de 10 plantas

Tratamiento	Repeticiones				Promedio tratamiento	Promedio del factor inoculante
	I	II	III	IV		
F-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F-3	64	28	173	110	93.75	
M-3	244	133	200	295	218.00	155.88

CUADRO 2 Volumen de nódulos de 10 plantas (cm<sup>3</sup>)

F-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F-3	2.8	0.7	7.7	2.7	3.48	
M-3	5.0	2.5	4.5	5.4	4.35	3.92

CUADRO 3 Peso fresco de nódulos de 10 plantas (gr)

F-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F-3	1.37	0.29	4.13	1.39	1.80	
M-3	2.65	1.01	2.45	2.94	2.26	2.03

CUADRO 4 Peso seco de la parte aérea de 10 plantas (gr)

Tratamiento	Repeticiones				Promedio tratamiento	Promedio del factor inóculo
	I	II	III	IV		
F-1	102.5	96.4	152.7	116.4	117.0	
M-1	160.0	284.0	292.0	368.9	276.23	196.61
F-2	105.5	253.0	201.0	196.5	188.00	
M-2	183.5	224.6	391.7	239.5	259.83	223.91
F-3	122.3	195.4	196.0	153.0	166.68	
M-3	122.6	267.6	170.5	129.0	172.43	169.55

CUADRO 5 Rendimiento en grano al 12% de humedad (Kg/ha)

F-1	2097.5	1530.5	2382.8	2522.4	2133.3	
M-1	4103.6	3969.1	5255.7	5009.1	4584.4	3358.83
F-2	4151.1	3918.5	4490.5	4520.5	4270.1	
M-2	4961.4	4675.5	5842.5	6364.4	5460.9	4865.53
F-3	3346.3	3616.4	3960.2	4470.2	3848.3	
M-3	5446.8	5398.6	6499.1	4359.9	5426.1	4637.19

CUADRO 6. Cuadro general de Andeyas para las variables analizadas de Glycine max

Número de nódulos de 10 plantas

F.V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calc.	Signifi	Valor del comparador TUKEY
BLOQUE	3	12.56	4.18	1.63	0.2230	
TRATA- MIENTO	5	731.70	146.34	57.11	0.0000	
A	1	19.74	19.24	7.51	0.0146	
B	2	673.98	336.99	131.52	0.0000	
AB	2	38.48	19.24	7.51	0.0057	3.68
ERROR	15	38.43	2.56			
TOTAL	23	782.70				

COEFICIENTE DE VARIACION: 35.93%

Volumen de nódulos de 10 plantas, en cm<sup>3</sup>

BLOQUE	3	0.44	0.146	1.515	0.2507	
TRATA- MIENTO	5	9.63	1.925	19.934	0.0000	
A	1	0.05	0.058	0.599	0.5431	
B	2	9.45	4.727	48.936	0.0000	0.5065
AB	2	0.12	0.058	0.599	0.5665	
ERROR	15	1.45	0.097			
TOTAL	23	11.51				

COEFICIENTE DE VARIACION: 27.00%

Peso fresco de nódulos de 10 plantas, en gr

BLOQUE	3	0.26	0.08	1.64	0.2205	
TRATA- MIENTO	5	3.82	0.76	14.40	0.0001	
A	1	0.02	0.02	0.49	0.5002	
B	2	3.74	1.87	35.28	0.0000	0.37
AB	2	0.05	0.02	0.49	0.6254	
ERROR	15	0.79	0.05			
TOTAL	23	4.88				

COEFICIENTE DE VARIACION: 23.35%

Peso seco de la parte aérea de 10 plantas, en gr

F.V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calc.	Signifi- cancia	Valor del com- parador TUKEY
BLOQUE	3	36798.0	12266.0	4.42	0.0202	
TRATA- MIENTO	5	72910.1	14582.0	5.25	0.0058	
A	1	37382.8	37382.8	13.47	0.0025	
B	2	11821.1	5910.5	2.13	0.1520	
AB	2	23706.1	11853.0	4.27	0.0332	121.13
ERROR	15	41608.0	2773.8			
TOTAL	23	151316.3				

COEFICIENTE DE VARIACION: 26.77%

Rendimiento en grano a 12% de humedad (Kg/Ha)

BLOQUE	3	3183424	1061141	4.29	0.0222	
TRATA- MIENTO	5	30381510	6076301	24.58	0.0000	
A	1	18163810	18163810	73.48	0.0000	
B	2	10550620	5275312	21.34	0.0001	808.55
AB	2	1667072	833536	3.37	0.0606	
ERROR	15	3707520	247168			
TOTAL	23	37272450				

A = Niveles de fertilidad

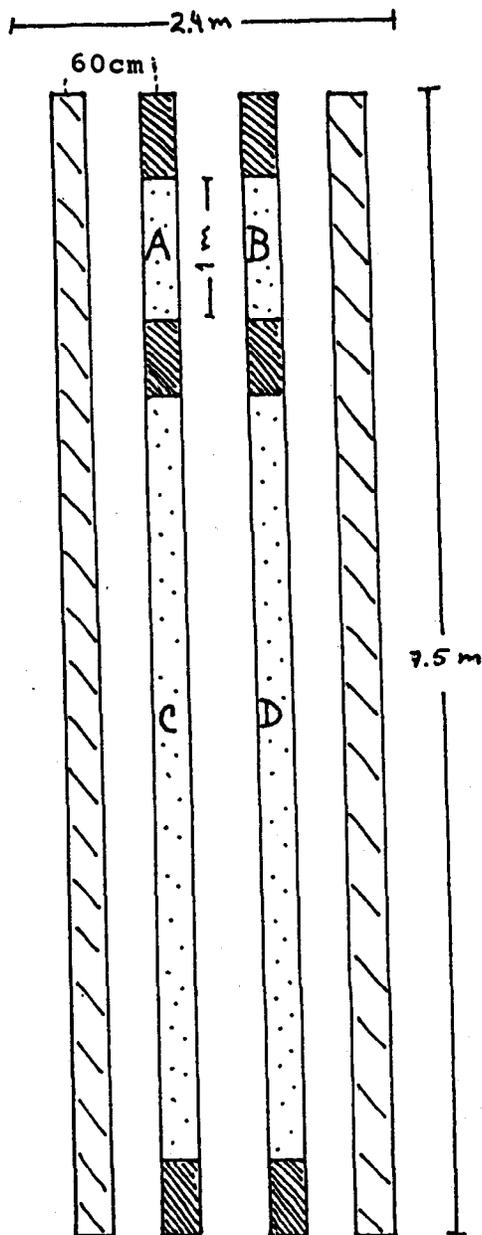
B = Tratamientos básicos de inoculación

NOTA: La significancia está directamente expresada en centésimos, 0.05, es decir al 5%.

## DIMENSIONES DE PARCELA Y AREAS DE MUESTREO

A y B = Muestreo temprano

C y D = Rendimiento



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

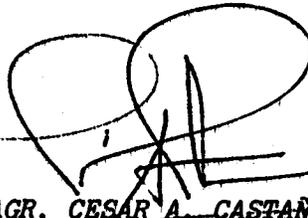
Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1846

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....  
Asunto.....  
.....

"IMPRIMASE"



ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.  
DECANO