

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE SOYA (Glycine max L.) VARIEDAD WILLIAM 82 A LA INOCULACION DE TRES CEBAS DE Rhizobium japonicum BAJO DOS NIVELES DE FOSFORO Y POTASIO.

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la

FACULTAD DE AGRONOMIA

de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

EDGAR ALFREDO TZI TZI BOY

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, abril de 1986

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(890)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector en Funciones

Dr. Mario René Moreno Cámbara

Junta Directiva de la Facultad de Agronomía:

DECANO	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
VOCAL 1°	Ing. Agr. Oscar René Leiva R.
VOCAL 2°	Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.
VOCAL 3°	Ing. Agr. Mario Melgar M.
VOCAL 4°	P.A. Angel L. Jordán Z.
VOCAL 5°	P.A. Axel Gómez Ch.
SECRETARIO	Ing. Agr. Luis A. Castañeda A.

Tribunal que practicó el Examen General Privado

DECANO EN FUNCIONES	Ing. Agr. Oscar René Leiva R.
EXAMINADOR	Ing. Agr. David Chang B.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Aníbal B. Martínez
EXAMINADOR	Ing. Agr. Manuel Martínez
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Fernández P.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1848

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

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

Guatemala,
19 de noviembre de 1985

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 EDGAR ALFREDO TZI TZIBOY con Carnet N° 78-05044, quien efectuó el trabajo titulado "EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE SOYA (Glycine max L.) VARIEDAD WILLIAM 82 A LA INOCULACION DE TRES CEPAS DE Rhizobium japonicum BAJO DOS NIVELES DE FOSFORO Y POTASIO".

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. Rolando G. Aguilera M.
ASESOR

Guatemala,
Noviembre de 1985

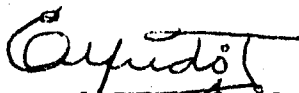
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad a lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE SOYA (Glycine max L.) VARIEDAD WILLIAM 82 A LA INOCULACION DE TRES CEPAS DE Rhizobium japonicum BAJO DOS NIVELES DE FOSFORO Y POTASIO.

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

Deferentemente,



P. C. Edgar Alfredo Tzi Tziboy

2

TESIS QUE DEDICO

A Dios

Por quien todo es posible

A mis Padres

Alfredo Tzi
Adela Tziboy de Tzi

A mis hermanos, cuñados y sobrinos

A mis amigos

A la Facultad de Agronomía de la Universidad
de San Carlos de Guatemala

AGRADECIMIENTO

Deseo patentizar mi agradecimiento

A mi asesor, Ingeniero Agrónomo Rolando Aguilera Mejía, por su dedicación y colaboración durante el desarrollo de mi tesis.

Al Ingeniero Agrónomo Bladimiro Villeda Sagastume, por su interés y colaboración a lo largo de mis estudios en la Facultad de Agronomía.

Al Ingeniero Agrónomo Eduardo Menéndez Bolaños, por su apoyo en la realización del trabajo de campo.

A los Departamentos de: Microbiología, Química y Estadística de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

RESUMEN

El estudio del sistema simbiótico Rhizobium-leguminosa es interesante debido a que es una forma natural por medio de la cual la leguminosa obtiene nitrógeno, vital para sus necesidades, y la bacteria hace uso de los alimentos elaborados por la planta.

El presente estudio se ha efectuado con el fin de establecer los efectos de diferentes cepas de Rhizobium en la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico expresadas en características de nodulación y rendimiento de grano; para ello se seleccionó un área de la finca Cuyuta, propiedad del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, localizada en la aldea del mismo nombre del municipio de Masagua, departamento de Escuintla.

Los tratamientos evaluados fueron básicamente 5, constando cada uno con 2 niveles de fertilización. Dichos tratamientos fueron: evaluación de las cepas Ciat 51, Ciat 4, una mezcla de cepas de la casa Nitragin y la bacteria del suelo, comparadas todas con la aplicación de 100 kg/ha de nitrógeno; los dos niveles a los que fueron sometidos dichos tratamientos fueron 0 y 100 kg/ha de fósforo y potasio. El diseño utilizado fué en Bloques al Azar con arreglo factorial 5 x 2, con 3 repeticiones.

Los parámetros utilizados para evaluar los efectos de la inoculación fueron: rendimiento de grano, peso materia seca de planta, peso y número de nódulos.

Al hacer el análisis estadístico y la interpretación de resultados se encontró que las cepas de rhizobios del inoculante de la casa Nitragin mostraron las mejores características de nodulación y rendimiento de grano. Esto demuestra que existió mayor especificidad entre las cepas de este inóculo y la variedad de soya William 82 y aún más, que estas cepas pueden independizar totalmente a la planta de la aplicación de nitrógeno inorgánico.

Fué observado también que la aplicación de fósforo y potasio en niveles de 100 kg/ha cada uno, causaron un buen desarrollo vegetativo, superior al nivel de 0 kg/ha pero el mismo no superó los rendimientos de nodulación y producción de grano, lo que presupone que se debió a un crecimiento vicioso de la planta que limitó las fuentes de energía para la formación de nódulos y formación de granos.

Por otro lado se confirmó el hecho ya observado en otras investigaciones, que cuando el nitrógeno se aplica en muy altas - cantidades disminuye y/o limita la formación nodular.

CONTENIDO

	Pag.
I. INTRODUCCION	1
II. HIPOTESIS	3
III. OBJETIVOS	3
IV. REVISION DE LITERATURA	
IV.1 SITUACION DE LA SOYA EN GUATEMALA	4
IV.2 LA SOYA	
Características agronómicas de la soya	8
Importancia nutritiva	8
Efectos del medio ambiente sobre el rendimiento	10
IV.3 FIJACION SIMBIOTICA DE NITROGENO	11
Características generales del <u>Rhizobium</u> <u>japonicum</u>	12
El <u>Rhizobium</u> y la planta leguminosa	12
IV.4 LOS FACTORES AMBIENTALES Y LA FIJACION DE NITROGENO	13
Humedad del suelo	13
Temperatura	14
IV.5 INCREMENTO EN LA TASA DE FIJACION DE NITROGENO	15
IV.6 INOCULACION EN SOYA	16
IV.7 APLICACION DE NITROGENO Y NODULACION	17
V. MATERIALES Y METODOS	
V.1 MATERIALES	
V.1.1 Localización	19
V.1.2 Variedad de soya	20
V.1.3 Cepas evaluadas	20
V.1.4 Fertilizantes usados	21
V.2 METODOLOGIA	
V.2.1 Preparación de materiales	21
A- Preparación de materiales en el laboratorio	21
B- Trabajo de campo	22

V.2.2	Tratamientos	23
V.2.3	Tamaño de las parcelas	24
V.2.4	Diseño del experimento	25
V.2.5	Datos tomados	25
V.2.6	Modelo estadístico	26
V.2.7	Análisis de varianza	26
V.2.8	Manejo del experimento	27
VI.	RESULTADOS	28
VII.	DISCUSION DE RESULTADOS	35
VII.1	PESO Y NUMERO DE NODULOS A LA FLORACION	35
VII.2	PESO MATERIA SECA DE PLANTAS	36
VII.3	RENDIMIENTO DE GRANO	37
VII.4	CONSIDERACIONES GENERALES	38
VIII.	CONCLUSIONES	39
IX.	RECOMENDACIONES	40
X.	BIBLIOGRAFIA	41
XI.	APENDICE	43

I. INTRODUCCION

En la actualidad ha aumentado el interés por investigaciones en el campo de la Rhizobiología. En los últimos años se han incorporado varios trabajos realizados por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos e instituciones estatales.

La importancia del sistema simbiótico de fijación de nitrógeno atmosférico Rhizobium-leguminosa ha quedado evidente porque a) constituye un medio natural para fijar el nitrógeno atmosférico y ser un sustituto al nitrógeno mineral y, b) por los aumentos significativos en rendimiento que se obtienen por la especificidad entre estos dos componentes.

La soya al igual que las demás leguminosas vive en simbiosis con bacterias del género Rhizobium. Esta simbiosis hace que el nitrógeno que necesita la planta sea proporcionado por la bacteria y ésta pueda hacer uso de los alimentos elaborados por la planta.

Se conoce que las especies de estas bacterias son específicas para determinadas especies de leguminosas, pero en estudios recientes se ha encontrado que también existe especificidad entre cepas de rhizobios y variedades de plantas. Una de las ventajas de encontrar esta especificidad reside en que durante los primeros ciclos de cultivo puede ser inoculada en el suelo la cepa de rhizobio y luego permanecer allí, si se mantienen las condiciones adecuadas, y no necesitar de suministro de nitrógeno adicional.

El presente trabajo es una investigación que permite considerar lo favorable del sistema Rhizobium-leguminosa porque disminuye la alteración de los elementos que se encuentran en el ecosistema. Esto contrasta con lo aconsejado durante mucho tiempo donde se hizo énfasis en la aplicación de químicos en los culti-

vos y ahora se encuentran graves problemas de contaminación y/o pérdida de elementos por alterar su reciclaje natural.

Para el proceso inflacionario que atraviesa Guatemala no es indicado el uso excesivo y continuo de químicos por la fuga de divisas que por su importación acarrea y porque en última instancia aumenta los costos y disminuye la rentabilidad del cultivo.

Las evaluaciones que para el caso nos ocupan se realizaron en condiciones de campo para evaluar objetivamente las diferencias de fijación de nitrógeno atmosférico entre 4 grupos de cepas de rhizobios (cepas Ciat 51, Ciat 4, Nitragin y la bacteria del suelo) juntamente con la aplicación de nitrógeno mineral, todos estos sometidos a la aplicación o no, de 100 kg/ha de fósforo y potasio.

II. HIPOTESIS

- 1- La inoculación de 3 cepas de *Rhizobium japonicum* producen iguales características de nodulación y rendimiento de grano que la aplicación de nitrógeno inorgánico en la variedad de soya William 82.
- 2- La aplicación de 100 kg/ha de fósforo y potasio al suelo no causan algún efecto en la fijación de nitrógeno atmosférico en la variedad de soya William 82.

III. OBJETIVO

Evaluar el efecto de la inoculación de 3 cepas de *Rhizobium japonicum* sobre la nodulación y rendimiento de grano de la variedad de soya William 82.

IV. REVISION DE LITERATURA

IV.1 SITUACION DE LA SOYA EN GUATEMALA

La soya es una planta que presenta varios derivados que son útiles a la humanidad para satisfacer algunas necesidades. Algunos de estos derivados requieren algún tipo de procesamiento, otros no, previa a su utilización (cuadro 1).

En la actualidad la importación de soya y subproductos sobrepasa los 6 millones de quetzales (cuadro 2). Entre los más importantes figuran aceite de soya, harina y torta. Esto sucede porque la producción nacional no puede satisfacer la demanda interna.

Los rendimientos de soya en condiciones óptimas se encuentran de 1,783 a 2,817 kg/ha (14). Al aumentar los rendimientos de la soya sería más atractivo su cultivo. Localmente podría colaborar en dos aspectos importantes:

1- El valor nutritivo de las dietas consumidas por la mayoría de la población guatemalteca se encuentra abajo de los valores óptimos. Conforme aumenta la población también aumenta la demanda de alimentos. Las condiciones actuales se mantienen, lo cual hace que la población ingiera menores cantidades de alimentos básicos aumentando en forma alarmante el déficit proteínico calórico.

La soya presenta una buena alternativa para ayudar a suplir este déficit, ya que de acuerdo a los análisis bromatológicos - practicados en el INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá) se comprobó que tiene altos contenidos de proteína comparado con otros productos agrícolas y animales.

2- A raíz del colapso que ha tenido el cultivo del algodón, existe un déficit en la producción de aceite comestible. Esto - principió como consecuencia de una drástica reducción del área cultivada de algodón en la temporada 1980-81; lo que determinó la disminución de los abastecimientos de semilla para la industria aceitera local. Por lo tanto fué necesario importar aceite comestible de los Estados Unidos en cantidades considerables (13).

CUADRO 1
USOS DE LA SOYA

LA PLANTA	FORRAJE	{ ensilaje, combustible, furanos, heno, mejoramiento de suelos.
	ABONO VERDE	
	PASTURA	
	PRODUCTOS ALIMENTICIOS	
LA SEMILLA	HARINA	{ Sustitutos de celuloide, sustancia aglutinante, alimentos para animales, fertilizante, pegamento, plásticos, pintura de agua, alimentos humanos (salsas, leche vegetal, fabricación de cervezas y pan).
	ACEITE	{ Velas, celuloide, aceite esencial, desinfectante, aislante eléctrico, esmalte, productos alimenticios (sustitutos de mantequilla y manteca; aceites para cocinar, para ensalada, medicinal), combustible, glicerina, insecticidas, lacas, lecitinas (sustitutos de cacao, emulsionante, margarina, medicinas, tintes para telas, dulces, sustitutos de chocolate), alumbrado, linóleo, lubricante, hule de mesa, pinturas, tinta de imprenta, sustitutos de hule, jabones, barniz, cemento impermeable, artículos impermeables.
	GRANO VERDE	{ Para enlatar, para ensalada, congelado, como vegetal (verdura), guisados.
	GRANO SECO	{ Al horno, cocido, cereal para desayuno, alimento animal, tostado (dulces, sustituto café, salado), salsa, harina (pan, galletas, pasteles, alimentos horneados, alimentos para desayuno, - dulces, sustitutos de chocolate, alimentos para diabéticos, bebidas alimenticias, conos para - nieve, polvos para nieve, alimentos infantiles, pastas alimenticias, sustituto de productos cárneos), soya germinada, leche vegetal (pinturas, apresto p/telas, engomado p/papel, impermeabilizante, medicinas, lana sintética, polvos para usos agrícolas).

FUENTE: DELGADO H., F. La soya, su cultivo y usos (7).

CUADRO 2

GUATEMALA: VOLUMEN Y VALOR DE LAS IMPORTACIONES DE SOYA Y SUBPRODUCTOS
(cifras en miles)

Año	Harina y Torta		Frijol de soya entero o triturada		Aceite de soya		Total	
	Volúmen qq	Valor Q.	Volúmen qq	Valor Q.	Volúmen galones	Valor Q.	Volúmen** qq	Valor Total Q.
1977	195.2	2,456.3	15.5	223.8	287.6	581.2	259.5	3,261.3
1978	298.0	3,277.5	80.7	1,181.4	100.1	291.4	453.2	4,750.3
1979	107.1	1,964.5	11.1	1,042.9	445.0	1,254.0	145.0	4,261.4
1980	230.7	3,196.9	0.02	0.1	720.7	1.3	288.4	3,198.3
1981	376.2	5,979.3	0.1	4.0	1,262.2	4,098.0	470.4	10,081.3
* 1982	370.0	4,878.6	3.1	124.6	930.6	2,220.7	465.6	7,223.9

** Equivalente en grano, sin incluir aceite.

* Cifras preliminares.

FUENTE: GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. Informe económico (13).

IV.2 LA SOYA

Características agronómicas de la soya

La soya se encuentra clasificada dentro de la familia de las leguminosas, sub-familia Papilionoideas o Papilionáceas. Su nombre científico es Glycine max L. El género Glycine L. comprende de 12 a 15 especies, entre las cuales G. max L. es la de mayor importancia económica (7, 11).

La raíz puede penetrar hasta 3 m, pero generalmente el mayor porcentaje de raíces se encuentran entre 30 y 60 cm de profundidad. En las raíces es donde se da la simbiosis con la bacteria Rhizobium japonicum (7, 11).

Los tallos son leñosos, hay dos tipos: determinados, presentan inflorescencia en la parte terminal, e indeterminados, no tienen esa inflorescencia (4, 7). Las variedades determinadas se ramifican más que las indeterminadas (4).

Las hojas pueden ser unifoliadas o trifoliadas. Su forma, tamaño y color dependen de la variedad. Produce una gran cantidad de flores, de las que desecha un 75%, es autógama de 99% a 99.5% (4, 7).

El fruto lo da en vainas, cada vaina contiene 2 a 3 semillas. La semilla es de forma elíptica, casi esférica, de color amarillo, verde, café o negro, según la variedad (7).

Importancia nutritiva

Se han propuesto posibles soluciones para poder subsistir en el futuro, dentro de las cuales se mencionan: encontrar nuevas fuentes de alimentos, aumentar la producción por área de cultivo y mejorar la cantidad y calidad proteínica de los mismos (17).

Sin embargo Schafer y Hobt, mencionados por Castañeda (3), indican que uno de los mayores problemas actuales para la población humana es el adecuado abastecimiento de proteínas. Lo cual hace evidente que el problema de abastecer a la población humana de proteínas es actual y puede agudizarse en el futuro.

La soya podría ser bastante útil por el alto contenido de proteínas en comparación con otros alimentos tradicionales (4). El contenido de proteína se acerca al 40% muy superior al 8% del maíz. Sin embargo este es un factor responsable de los bajos rendimientos de esta leguminosa (7).

Mérida, mencionado por Castañeda (3), informa que al aplicarle a la harina de maíz 8% de harina de soya, aumenta el valor proteínico en 8% - 14% y su valor alimenticio en 250%.

Se ha determinado que un kilogramo de harina de soya contiene tanta proteína como 68 huevos, 12 litros de leche y 2 kilogramos de carne (4). En la soya se encuentran los 8 aminoácidos esenciales: valina, leucina, isoleucina, treonina, lisina, fenilalanina, triptófano y metionina. Aunque la metionina la tiene en menor cantidad (3).

En algunos estudios se ha demostrado que la soya contiene tanto las vitaminas solubles en agua como las solubles en grasa (4). Además el contenido de grasa oscila entre 18%-20%. La grasa es la única fuente de energía que el cuerpo puede almacenar en gran cantidad (3).

Se ha comprobado que cuando el ganado ingiere grandes cantidades de torta de algodón, se intoxica debido a su alto contenido de Gosypol, por eso la soya ha venido a sustituirla convenientemente (3, 13). En la alimentación del ganado, la soya empleada es igual a la alfalfa y muy superior al trébol como fuente de valores protéicos (4).

Para la alimentación humana en Estados Unidos se ha patentado un procedimiento para producir fibras de proteína de soya. Estas fibras proporcionan textura, apariencia y sabor agradables que imitan distintos tipos de carne de consumo diario (4).

Bressani, mencionado por Castellanos (4), indica que el mejoramiento de la calidad de la proteína de la soya puede lograrse por 3 medios:

- a) utilizando productos elaborados con base en variedades de soya seleccionados por su mayor concentración de aminoácidos azufrados (metionina).
- b) agregar a la harina de soya metionina o derivados de ésta, como suplemento.
- c) suplementar la proteína de soya con proteínas que contengan más aminoácidos azufrados que la proteína de soya, por ejemplo: mezclas de proteína de soya y gluten de trigo o de maíz.

Efectos del medio ambiente sobre el rendimiento

La semilla de soya requiere una temperatura mínima de 4°C para germinar (7). Durante la germinación la exigencia de humedad es más crítica (7, 9).

Las plantas son resistentes a las heladas durante una gran parte de su desarrollo (7). Se puede adaptar a una gran variedad de suelos. Se desarrollan bien en un pH de 6-6.5 (7, 23). La soya es susceptible a las sales solubles (7).

Si hay vientos huracanados habrá problemas de acame. Además Richard Cooper en sus trabajos ha encontrado que la elevada altura disminuye la productividad de la soya normal (7).

Las temperaturas ideales diurnas deben oscilar entre 25°C y 30°C y las nocturnas entre 18°C y 25°C (4, 7). La soya es sensible al fotoperíodo. Parker y Borthwich dicen que las variedades de soya responden en forma distinta cuando se exponen diariamente a diferentes períodos de luminosidad (7).

En la soya la clave de su mecanismo de floración la establece la duración del período de oscuridad dentro de un término de 24 horas. La mayoría de las variedades de soya comienzan a florecer poco después que los días empiezan a acortarse (23).

En consecuencia al aumentar la duración del período de oscuridad, las variedades son estimuladas a florecer anticipadamente: el ciclo vegetativo se acorta, la altura de la planta es menor y como consecuencia de todo ello, los rendimientos disminuyen (3,23).

En nuestro medio con 14° de altitud norte se tiene períodos mayores de 10 horas por lo que este fenómeno no se presenta tan drásticamente como en latitudes mayores (3).

Castellanos (4), informa que en otros países reportan que la soya presenta una tolerancia marcada al ataque de plagas y enfermedades que afectan significativamente a otros cultivos.

En las últimas etapas del ciclo de vida, si existen condiciones desfavorables, pueden reducir el número de vainas, el número de granos por vaina y reducir el tamaño de cada grano (4). También se ha encontrado que la semilla se mancha cuando la humedad es alta en las últimas etapas del cultivo (7).

IV. 3 FIJACION SIMBIOTICA DE NITROGENO

Este tipo de fijación la realizan todas aquellas formas de vida que necesitan de la participación de otros organismos para fijar el nitrógeno, como es la situación del Anabaena con el alga Azolla y el Rhizobium con las plantas leguminosas (1).

Características generales del Rhizobium japonicum

La bacteria que ha demostrado especificidad para la soya es Rhizobium japonicum. La morfología del R. japonicum es similar a las otras especies de Rhizobium con la excepción que cuando es joven posee un solo flagelo polar o sub-polar (21).

En cuanto a otras características se puede indicar que esta especie crece lentamente, su tiempo de generación va de 6 a 8 horas. El diámetro de las colonias es aproximadamente de 1 mm a los 7-10 días. Además la colonia es más densa y pegajosa, muestra un color blanco o crema y la goma es menos abundante (21).

Para su nutrición los Rhizobium necesitan fuentes de carbono, para ello emplean azúcares; R. japonicum prefiere las pentosas. Algunas especies requieren vitaminas como biotina, tiamina y pantonato de calcio. Los minerales que necesitan son Fe, Mg, Ca, Co, Zn, Mn y K (21).

El Rhizobium y la planta leguminosa

En diferentes nichos ecológicos se encuentra el Rhizobium en el suelo. Se encuentra en el rizoplaneo, agregado a los coloides del suelo en la rizósfera de las plantas leguminosas y no leguminosas (22).

La multiplicación del rhizobio es estimulada por la planta hospedera, ésta emite exudados de la raíz que contienen aminoácidos, azúcares y vitaminas. Esto permite que la cepa logre concentrar el número de células para iniciar la infección (12).

El hospedero juega un papel muy importante en esta especificidad. El desarrollo de los hilos de infección y la liberación de los rhizobios en las células de la corteza de la raíz han sido detallados en Pisum y Trifolium (12).

Peters y Alexander (1966), encontraron que el estímulo del crecimiento de la bacteria en la rizósfera parece no ser específico sino general tanto para cepas capaces de infectar la leguminosa como para muchos microorganismos. Pero Egeraat (1975), describió un caso en el cual las secreciones radicales estimularon selectivamente a las cepas de rhizobios del grupo infectivo asociado con la planta (20).

Luego ocurre la adsorción del rhizobio a las raíces. Bohlool y Schmidt (1974), al trabajar con soya y R. japonicum sugirieron la participación de las lectinas, (proteínas o glicoproteínas con capacidad de reconocer y unirse a ciertos azúcares en una forma muy específica) en la adsorción selectiva del rhizobio a las raíces de las leguminosas (20).

La lectina forma un puente que une al rhizobio con la leguminosa. Luego ocurre una deformación extrema en la cual la punta del pelo radical se tuerce en 180°, formando el "cayado del pastor". Esta deformación es observada únicamente en las combinaciones Rhizobium-leguminosa y es producida por un factor que parece estar unido a la superficie de la bacteria (20).

Después se forma el hilo infectivo. Ljunggren y Fahraes (1961), propusieron la teoría que es más aceptada en la cual el rhizobio produciría un polisacárido determinado que inducía la producción de poligalacturonasa por la planta con el consecuente ablandamiento de la pared del pelo radical y formación del hilo infectivo (20).

IV.4 LOS FACTORES AMBIENTALES Y LA FIJACION DE NITROGENO

Entre los principales factores ambientales que afectan el funcionamiento de los nódulos se pueden mencionar los siguientes:

Humedad del suelo

En la supervivencia del Rhizobium en el suelo, Albrech (1921)

encontró que el suelo secado por el aire, almacenado durante 30 meses, mostró igual efectividad, al servir como inoculante, que el suelo fresco y húmedo. Sin embargo Richmond (1926) y Vandecayeye (1926), demostraron que los rhizobios sobrevivían siguiendo la humedad del suelo. Foulds (1971), al trabajar sobre la supervivencia de tres especies de Rhizobium encontró que R. trifolii tuvo más tolerancia a la sequía que R. meliloti y un rhizobio de Lotus (6).

Cuando prevalecen las condiciones áridas, el suelo es un factor importante en la supervivencia del rhizobio (Marshall: 1963, 1968, 1970). Worrall y Roghley (en prensa), encontraron que la falta de agua afectó el número, la distribución y la estructura de los pelos adsorventes infectados y el número de nódulos que formaron (6).

Henis (1974), informó que la retención de bacterias es mayor en suelos con un alto contenido de arcilla. Se considera que el desarrollo de los nódulos es más afectados por el stress del agua que el proceso de infección (Sprent, 1976). En varios estudios se ha encontrado que la actividad nodular es poco afectada por una caída en contenido de humedad hasta 85% de su peso fresco. Sprent (1975) y Pankhurst (1975) demostraron que la difusión gaseosa hacia el interior de los nódulos de soya ocurre por medio de lenticelas y que estas estructuras se aplastan bajo condiciones de stress de agua (6).

Cuando hay un exceso de agua la baja actividad nodular se puede atribuir a la reducida entrada del oxígeno hacia el interior de los nódulos (6).

Temperatura

Tomando en cuenta el resultado de varios experimentos, únicamente los extremos de calor o frío limitan la infección. Gibson (1972) indica que la temperatura óptima para nodulación y fijación

de nitrógeno durante el crecimiento precoz por las especies de zona templada está entre 20° - 25°C y por las especies tropicales es de 25° - 35°C. Los rangos de temperatura en que se encuentra la nodulación efectiva dependen de las especies y están controladas genéticamente por el huésped y el rhizobio (6).

IV.5 INCREMENTO EN LA TASA DE FIJACION DE NITROGENO

Es importante el estudio del papel del hospedero en la fijación de nitrógeno, ya que en el futuro permitiría aumentar tasas de fijación. Por ejemplo se ha comprobado que existen diferencias entre cultivares en su capacidad para fijar nitrógeno (12).

Tentativamente se han identificado 3 factores que pueden ser los causales de estas diferencias (12).

- 1- Suministro de los carbohidratos a los nódulos
- 2- Tiempo de floración
- 3- Diferencias en capacidad de absorber nitrógenos combinado del suelo

En estudios que se han hecho se demuestra que la disponibilidad de carbohidratos limita la fijación. Para optimizarla Halliday (15), sugiere maximizar la fuente de energía para que haya un buen crecimiento de la planta. En consecuencia aquellas plantas que tienen mucha sombra, sobrepastoreadas, defoliadas o afectadas por insectos o enfermedades no pueden soportar una fijación máxima de nitrógeno.

Las vainas en desarrollo compiten por la energía, limitando de esta forma la energía para la fijación. Hardy y Havelka (1976) han sugerido que una demora de 10 días en iniciarse esta competencia para energía permitiría que las tasas de fijación se doblen (12).

La selección de variedades que responden mejor a la fertilización nitrogenada presenta bajas en los niveles de fijación porque cuando hay aumentos en el contenido de nitrógeno en los tejidos, disminuye el suministro de carbohidratos a los nódulos (12).

Por tradición los mejoradores no ponen énfasis en la fijación de nitrógeno. Tienden a usar dosis altas de fertilizantes nitrogenados, suprimiendo así la nodulación. Esto trae como resultado que aparezcan en el comercio líneas con defectos genéticos en la nodulación o fijación de nitrógeno (12).

IV.6 INOCULACION EN SOYA

La soya al igual que las otras leguminosas forma nódulos donde viven las bacterias. El propósito de inocular las plantas es suministrar a las semillas los cultivos frescos de razas de bacterias que sean eficaces (7).

A los 9 días posteriores a la germinación de la soya se forman los primeros nódulos y a las 3 semanas empieza la fijación de nitrógeno. La soya nodula adecuadamente a los 25°C. Si no existe una fijación eficiente de nitrógeno es necesario aplicar fertilizante antes de la floración. Una prueba sencilla para encontrar si la planta está fijando nitrógeno es la siguiente: se hace un corte transversal de un nódulo de 5 a 7 mm de diámetro, si se encuentra que tiene un color rojo oscuro la fijación es eficiente, pero si es blancuzco o crema, es deficiente (7).

Cuando es la primera vez que se cultiva soya, es necesario inocular la semilla con cepas de Rhizobium japonicum. Al inocular la semilla se han tenido incrementos de 20% a 50% en el rendimiento (7).

Cuando se siembra soya continuamente en un suelo, este queda

inoculado, por lo general se necesitan 3 ciclos antes de que haya una población suficiente para una buena nodulación. Después de una rotación es recomendable reinocular la semilla pues la población de bacterias disminuye rápidamente en el suelo cuando no se cultiva soya (11).

Sin embargo Delgado (7), indica que no se ha determinado el grado de supervivencia de rhizobio en el suelo, ni el efecto de las rotaciones de cultivo sobre dicha supervivencia.

Hardy y Havelka descubrieron que la bacteria reduce su actividad durante los 30 días finales del período de crecimiento de la planta. Esto da lugar a una formación inadecuada de nitrógeno cuando su necesidad es mayor (7).

Los autores mencionados anteriormente argumentaron que al madurar la planta, gran parte de sus azúcares van a desarrollar semillas y una cantidad mucho menor van a las colonias de bacterias, por lo tanto la producción de nitrógeno disminuye al faltarle alimento a la bacteria (7).

IV.7 APLICACION DE NITROGENO Y NODULACION

En algunos lugares se ha recomendado aplicar nitrógeno, aún cuando no se ha encontrado una respuesta favorable. Se aplica un fertilizante mixto para tener asegurada la provisión de nitrógeno hasta que se formen los nódulos (23).

En investigaciones efectuadas en Alemania y Estados Unidos se encontró que una cosecha de 1000 kg/ha extrae del suelo: 60 kg de nitrógeno, 35 kg de fósforo y 80 kg de potasio (23).

Se considera que al aplicar 12 a 23 kg/ha de nitrógeno en la mezcla inicial, a una distancia de 8 a 13 cms de la hilera, se producirán mejores resultados en terrenos donde la soya no ha sido cultivada en forma regular (23).

Cuando un suelo presenta altos contenidos de fósforo y potasio, con un pH superior a 6.0, crea un medio favorable para el crecimiento de las bacterias de los nódulos. El nitrógeno que se le pudiera aplicar producirá aumentos de menor importancia en la soya bien nodulada (23).

Una explicación sobre la escasa respuesta al nitrógeno, es la que indica que los nódulos pierden actividad cuando se aplica nitrógeno en la zona de formación de los mismos antes de la siembra (23).

Se ha aplicado nitrógeno a la soya en diferentes formas: aplicación de nitrógeno en forma tardía en dosis bajas, utilizar diferentes proporciones de nitrógeno en los cultivos anteriores a la soya, proveer nitrógeno a un nivel profundo y subirrigación con una solución nutritiva; pero no se han producido incrementos de importancia en rendimiento (23).

V. MATERIALES Y METODOS

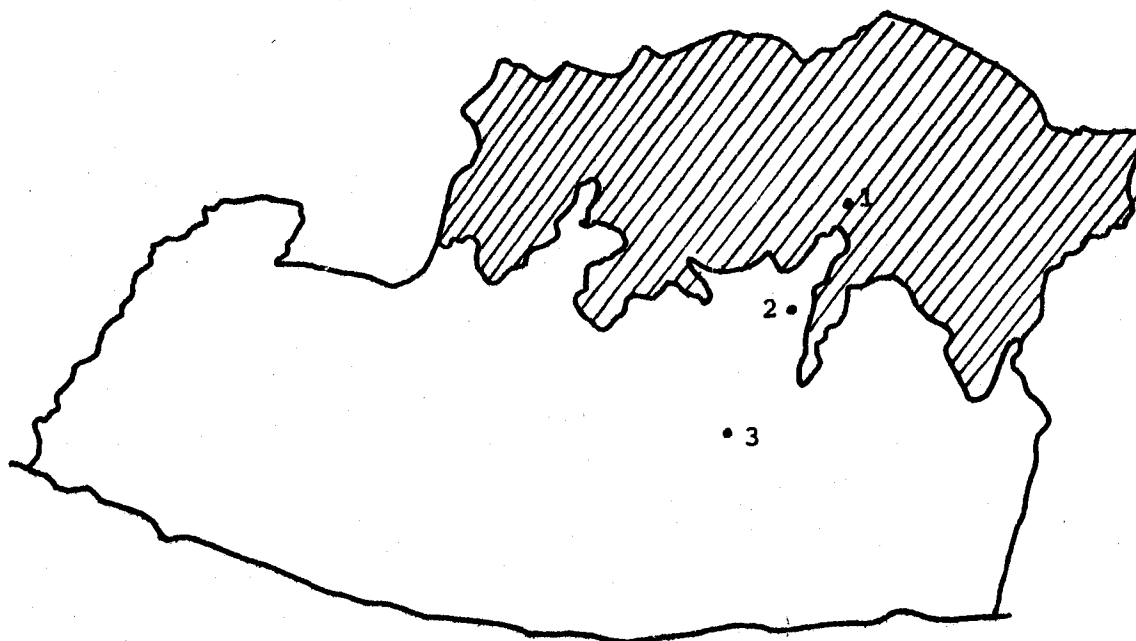
V.1 MATERIALES

V.1.1 Localización

El ensayo se realizó en la aldea Cuyuta, del municipio de Masagua, del departamento de Escuintla (representado en la gráfica 1, por el punto 3).

GRAFICA 1

DIVISION FISIOGRAFICA DEL
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA



REFERENCIAS:



Suelos del Declive del Pacífico



Suelos del Litoral del Pacífico

- 1 Cabecera departamental de Escuintla
- 2 Cabecera municipal de Masagua
- 3 Aldea Cuyuta

FUENTE: SIMMONS, CH.; TARANO, J. y PINTO, J. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. 1959 (24).

Según Simmons, et al, (24) estos suelos pertenecen a los del litoral del Pacífico, entre los que están las series Achiguate, Paxinamá, Tiquisate. En términos generales son suelos planos y casi planos otros, tienen drenaje moderado, color superficial café, consistencia franca, profundos; lo cual fue confirmado con el reconocimiento de campo.

V.1.2 Variedad de soya

La variedad de soya utilizada fue William 82, que tiene las siguientes características: floración a los 38 días, madurez fisiológica a los 79 días, altura promedio 0.42 m, color de grano cremoso y color de las flores blanco.

V.1.3 Cepas evaluadas

- Rhizobium japonicum cepa Ciat 51 (5):

Obtenida de J. Dohereiner, Brasil y aislada como 5,006 en 1971. Ultimamente probada para efectividad en 1972. Altamente efectiva.

- Rhizobium japonicum cepa Ciat 4 (5):

Obtenida de la Estación Experimental de Marandella, Rhodesia; aislada como 492 en 1971. Originalmente aislada en Beltsville como 3 li b 38. Ultimamente probada para efectividad en 1972. Raza recomendada para inoculación de soya en Colombia de 1972-1979.

- Rhizobium japonicum varias cepas

Obtenida de comercios locales, marca Nitragin bajo presentación granulada, la cual bajo recomendación de la casa debe aplicarse al surco en una cantidad de 9 kg/ha. (El producto no indica las cepas empleadas).

V.1.4 Fertilizantes usados

Se utilizó urea con un 46% de nitrógeno y como fuente de fósforo y potasio: Triple Superfosfato y Cloruro de Potasio con un 45% y un 60% de estos elementos respectivamente.

V.2 METODOLOGIA

V.2.1 Preparación de materiales

Previo al montaje del experimento los materiales utilizados fueron preparados efectuando trabajos de laboratorio y campo, los cuales se detallan a continuación:

A- Preparación de materiales en el laboratorio

El laboratorio que se utilizó fue el de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Básicamente estos trabajos consistieron en la reactivación, cultivo y preparación de las cepas de Rhizobium japonicum Ciat 4 y Ciat 51.

Las cepas anteriormente mencionadas procedieron del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) en ampollas liofilizadas. Antes de abrir las ampollas fue necesario tener el medio apropiado para su cultivo, el cual, de acuerdo con Vincent (25), lleva los siguientes productos químicos:

K_2HPO	0.5 gr/lt
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.2 gr/lt
NaCl	0.4 gr/lt
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	0.01 gr/lt
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	0.4 gr/lt
Manitol	10.0 gr/lt
Extracto levadura	4.0 gr/lt
Agar	20.0 gr/lt
pH	7

Una vez obtenido el medio, se colocaron 10 cc en varios tubos de ensayo los cuales junto con el medio restante se esterilizaron y posteriormente se prepararon varias cajas de petrí en donde la bacteria de las ampollas fue reactivada.

Una vez crecidos los rhizobios en las cajas de petrí, se trasladaron a los tubos de ensayo y 8 días después se prepararon 8 erlenmeyer de 250 cc cada uno, con 125 cc de medio nutritivo líquido (medio sin agar). En 4 de ellos se sembró la cepa Ciat 4 y en los otros 4 la cepa Ciat 51.

Estos medios sembrados se colocaron en un agitador tipo horizontal durante 7 días para que la bacteria creciera; al cabo de los cuales por medio de conteo directo con la cámara de Petroff se estableció su población, (3×10^9 bacterias por cc de caldo) y por medio de tinción de Gram, su pureza.

B- Trabajo de campo

Los trabajos de campo efectuados consistieron básicamente en el reconocimiento del área y muestreo del suelo para su análisis químico. Previo al reconocimiento del área se efectuó una revisión de la literatura existente que describe los suelos de la región del sur de Escuintla, en los cuales podría ser montado el experimento (ver Materiales y Métodos, pag.20). Del muestreo y análisis de suelos, se seleccionó un área que presentó las siguientes características:

Fósforo	15.83 microgramos/ml
Potasio	210.00 microgramos/ml
Calcio	14.70 meq/100 ml de suelo
Magnesio	2.01 meq/100 ml de suelo
pH	6.5

V.2.2 Tratamientos

El Cuadro 3 muestra los tratamientos evaluados:

CUADRO 3

TRATAMIENTOS							
N°	SUB-TRATAMIENTOS A					SUB-TRATAMIENTOS B	
	NITROGENO kg/ha	SIN INO- CULANTE	CEPA CIAT 51	CEPA CIAT 4	NITRAGIN	FOSFORO kg/ha	POTASIO kg/ha
1	100						
2		*					
3			*				
4				*			
5					*		
6	100					100	100
7		*				100	100
8			*			100	100
9				*		100	100
10					*	100	100

Nitrógeno: aplicación del 25% al momento de la siembra y 75% en la floración.

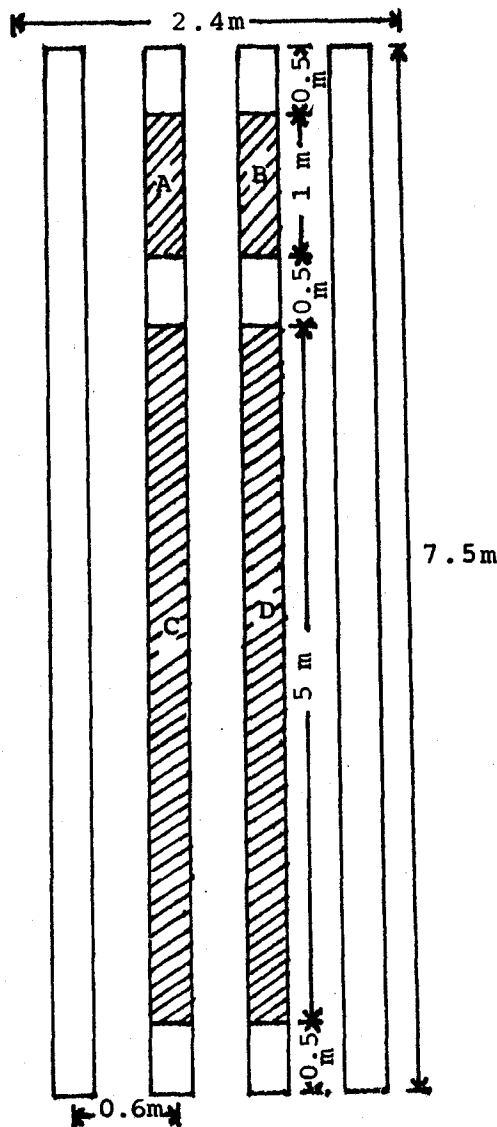
Fósforo y Potasio: aplicación del 100% al momento de la siembra.

FUENTE: INTERNATIONAL NETWORK of legume inoculation trial, University of Hawaii (16).

V.2.3 Tamaño de las parcelas

El tamaño fue de 2.4 m de ancho por 7.5 m de largo = 18 m². El área de parcela útil para medir efectos de inoculación a la floración fue de 1.2 m² y para la cosecha fue de 6 m². Esto de acuerdo a lo recomendado por la Red internacional de pruebas de inoculación de leguminosas (16). A continuación la gráfica 2 presenta la parcela bruta y áreas de toma de datos.

GRAFICA 2
PARCELA EXPERIMENTAL

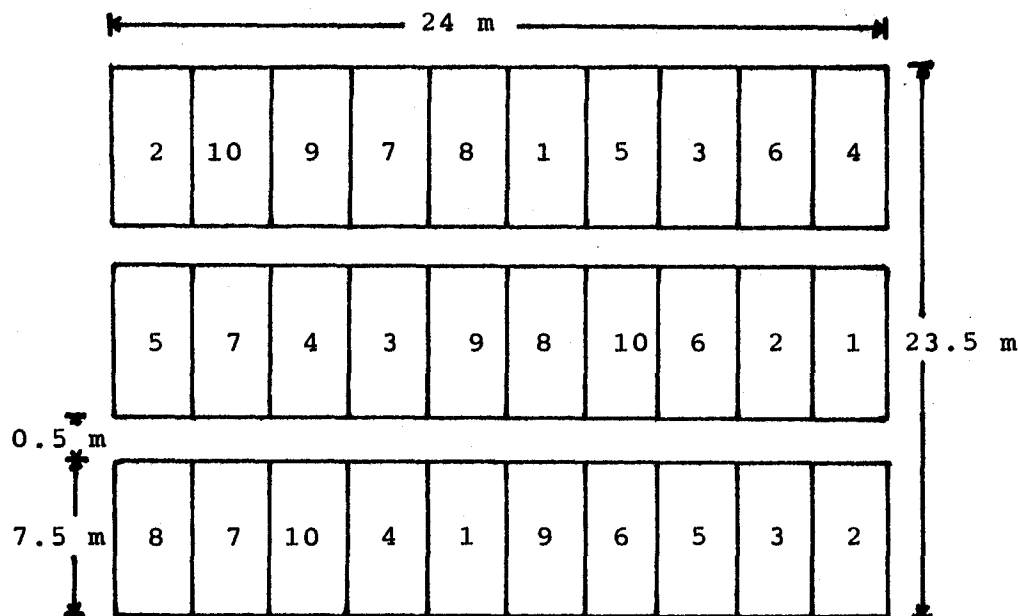


FUENTE: INTERNATIONAL NETWORK of legume inoculation trial.
University of Hawaii (16).

V.2.4 Diseño del experimento

El diseño experimental utilizado para el ordenamiento de los tratamientos fue de Bloques al Azar con arreglo factorial 5 x 2, con 3 repeticiones. La gráfica 3 presenta el diseño en el campo:

GRAFICA 3
DISEÑO EN EL CAMPO



V.2.5 Datos tomados

- En floración

Se tomaron 5 plantas por cada parte de los 2 surcos centrales de la parcela experimental, para hacer un total de 10 plantas (secciones A y B, gráfica 2). A estas plantas se les determinó el peso seco de la parte aérea, el número y peso de nódulos.

- En la cosecha

El rendimiento del grano llevado al 14% de humedad se obtuvo de la parte de los surcos marcados con las secciones C y D de la gráfica 2, en la parcela experimental.

V.2.6 Modelo estadístico

De acuerdo con Melgar (18), el modelo estadístico para el análisis correspondiente ajustado al diseño experimental fue el siguiente:

$$y_{jkl} = \mu + \beta_j + A_k + B_l + (AB)_{kl} + E_{jkl}$$

donde:

y_{jkl} = variable respuesta observada en el bloque j con el tratamiento kl

μ = efecto de la media general

β_j = efecto del j -ésimo bloque

A_k = efecto del k -ésimo nivel del factor A

B_l = efecto del l -ésimo nivel del factor B

$(AB)_{kl}$ = interacción del k -ésimo nivel del factor A con un l -ésimo nivel del factor B

E_{jkl} = error experimental asociado a la jkl -ésima unidad experimental

V.2.7 Análisis de varianza

La tabla de Análisis de Varianza usada fue la siguiente (18):

CUADRO 4

ANÁLISIS DE VARIANZA				
FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA
Bloque	$r-1$	$\sum_{k=1}^a \frac{(y_{k..})^2}{rb} - \frac{(y_{...})^2}{rab}$	$\frac{SC}{GL}$	$\frac{CM}{CM \text{ error}}$
Tratamiento	$ab-1$	$\sum_{l=1}^b \frac{(y_{.l.})^2}{ra} - \frac{(y_{...})^2}{rab}$	$\frac{SC}{GL}$	$\frac{CM}{CM \text{ error}}$
Factor A	$a-1$	$\sum_{j=1}^r \frac{(y_{j..})^2}{ab} - \frac{(y_{...})^2}{rab}$	$\frac{SC}{GL}$	$\frac{CM}{CM \text{ error}}$
Factor B	$b-1$	$\sum_{k=1}^a \sum_{l=1}^b \frac{(y_{kl.})^2}{r} - \frac{(y_{...})^2}{rab}$	$\frac{SC}{GL}$	$\frac{CM}{CM \text{ error}}$
Interacción	$(a-1)(b-1)$	$SC_{trat} - SC_A - SC_B$	$\frac{SC}{GL}$	$\frac{CM}{CM \text{ error}}$
Error	$(r-1)(ab-1)$	$SC_{tot} - SC_{blo} - SC_{trat}$	$\frac{SC}{GL}$	
Total	$rab-1$	$\sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^a \sum_{l=1}^b (y_{jkl})^2 - \frac{(y_{...})^2}{rab}$		

FUENTE: MELGAR, M. Curso de diseños experimentales (18).

En los datos de número de nódulos fue necesario hacer una transformación logarítmica de los mismos. Esto se hace para estabilizar la varianza y producir aditividad, cuando las varianzas son proporcionales a los cuadrados de las medias de tratamientos, usado también cuando los efectos principales en la escala original son multiplicativos y no aditivos (2).

Los resultados de los análisis de varianza de los correspondientes parámetros se sometieron a la prueba de Tukey para establecer los tratamientos con mejores características.

V.2.8 Manejo del experimento

Antes de la siembra se preparó el suelo para lo cual se efectuaron dos pasadas de rastra a una profundidad de 0.3 m. A continuación se surqueó a una distancia de 0.6 m y junto con la siembra se fertilizaron los tratamientos que así lo ameritaron. Las semillas con y sin inoculante se sembraron al chorro. A los 7 días se efectuó un raleo y se estandarizó la distancia entre plantas a 0.04 m (16).

Las limpias se hicieron en forma manual; la primera a los 10 días después del raleo y la otra antes de la floración. No fue necesario hacer control de plagas y enfermedades. A la floración se tomaron los datos de nodulación y a la total madurez fisiológica se cosecharon las plantas en forma manual; el grano se separó por el método de aporreo en sacos de kenaf.

VI. RESULTADOS

Los resultados que se presentan en los siguientes cuadros son el resumen de los datos obtenidos en el estudio y servirán de base para la discusión de los mismos:

CUADRO 5: Resumen de los resultados de significancia de las variables analizadas.

CUADROS 6, 7 y 8: Peso de nódulos a la floración de 10 plantas (grs).

CUADROS 9 y 10: Número de nódulos a la floración de 10 plantas.

CUADROS 11 y 12: Peso materia seca de 10 plantas (grs).

CUADROS 13, 14 y 15: Rendimiento de granos (14% de humedad) (kg/ha).

CUADRO 5

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE SIGNIFICANCIA DE LAS VARIABLES ANALIZADAS

FUENTES DE VARIACION	V A R I A B L E S			
	PESO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS (grs)	NUMERO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS	PESO MATERIA SECA DE 10 PLANTAS (grs)	RENDIMIENTO DE GRANO (14% DE HUMEDAD) (kg/ha)
Tratamientos	**	**	NS	**
Sub-Tratamientos A	**	**	NS	**
Sub-Tratamientos B	**	NS	*	*
Interacción	**	NS	NS	NS

** Significativo al 1% de probabilidad

* Significativo al 5% de probabilidad

NS No significativo

CUADRO 6

PESO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS (grs.)			
TRATAMIENTOS		$\bar{X}$	DIFERENCIA *
SUB-TRATAMIENTOS A	SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)		
NITRAGIN	00	1.9411	a
NITRAGIN	100	0.8829	b
CEPA CIAT 51	00	0.1167	c
CEPA CIAT 51	100	0.0896	c
CEPA CIAT 4	00	0.0471	c
CEPA CIAT 4	100	0.0259	c
SIN INOCULANTE	100	0.0043	c
SIN INOCULANTE	00	0.0013	c
UREA	00	0.0000	c
UREA	100	0.0000	c

CUADRO 7

PESO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS (grs.)		
SUB-TRATAMIENTOS A	$\bar{X}$	DIFERENCIA *
NITRAGIN	1.4119	a
CEPA CIAT 51	0.1031	b
CEPA CIAT 4	0.0364	b
SIN INOCULANTE	0.0227	b
UREA	0.0000	b

*Las diferentes letras minúsculas indican igualdad o desigualdad de medias de tratamientos sometidas al comparador múltiple de Tukey.

CUADRO 8

PESO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS (grs.)		
SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)	$\bar{X}$	DIFERENCIA *
00	0.4212	a
100	0.2005	b

CUADRO 9

NUMERO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS			
TRATAMIENTOS		$\bar{X}$	DIFERENCIA *
SUB-TRATAMIENTOS A	SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)		
NITRAGIN	00	256.0	a
NITRAGIN	100	126.3	b
CEPA CIAT 51	00	19.7	c
CEPA CIAT 51	100	14.3	c
CEPA CIAT 4	00	11.7	c
CEPA CIAT 4	100	6.7	c
SIN INOCULANTE	100	1.0	c
SIN INOCULANTE	00	0.7	c
UREA	00	0.0	c
UREA	100	0.0	c

*Las diferentes letras minúsculas indican igualdad o desigualdad de medias de tratamientos sometidas al comparador múltiple de Tukey.

CUADRO 10

NUMERO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS		
SUB-TRATAMIENTOS A	$\bar{X}$	DIFERENCIA *
NITRAGIN	191.1666	a
CEPA CIAT 51	17.0	b
CEPA CIAT 4	9.1666	bc
SIN INOCULANTE	0.8333	bc
UREA	0.0	c

CUADRO 11

PESO MATERIA SECA DE 10 PLANTAS (grs.)			
TRATAMIENTOS		$\bar{X}$	DIFERENCIA *
SUB-TRATAMIENTOS A	SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)		
CEPA CIAT 4	100	34.2	a
CEPA CIAT 51	100	29.6	a
SIN INOCULANTE	100	28.5	a
UREA	100	27.2	a
SIN INOCULANTE	00	26.7	a
CEPA CIAT 4	00	26.6	a
NITRAGIN	100	26.5	a
NITRAGIN	00	26.4	a
UREA	00	25.2	a
CEPA CIAT 51	00	24.0	a

*Las diferentes letras minúsculas indican igualdad o desigualdad de medias de tratamientos sometidas al comparador múltiple de Tukey.

CUADRO 12

PEÑO MATERIA SECA DE 10 PLANTAS (grs.)		
SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)	$\bar{X}$	DIFERENCIA *
100	29.2	a
00	25.8	b

CUADRO 13

RENDIMIENTO DE GRANO (14% HUMEDAD) (kg/ha)			
TRATAMIENTOS		$\bar{X}$	DIFERENCIA *
SUB-TRATAMIENTOS A	SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)		
NITRAGIN	00	1931.9503	a
NITRAGIN	100	1604.8861	ab
CEPA CIAT 51	00	1489.7375	abc
UREA	100	1470.5779	abc
CEPA CIAT 4	00	1367.5417	abc
UREA	00	1274.5038	abc
CEPA CIAT 4	100	1134.8221	bc
CEPA CIAT 51	100	898.4026	bc
SIN INOCULANTE	00	863.2693	c
SIN INOCULANTE	100	853.6969	c

*Las diferentes letras minúsculas indican igualdad o desigualdad de medias de tratamientos sometidas al comparador múltiple de Tukey.

CUADRO 14

RENDIMIENTO DE GRANO (14% HUMEDAD) (kg/ha)		
SUB-TRATAMIENTOS A	$\bar{X}$	DIFERENCIA *
NITRAGIN	1768.4182	a
UREA	1372.5408	ab
CEPA CIAT 4	1251.1819	bc
CEPA CIAT 51	1194.0701	bc
SIN INOCULANTE	858.4831	c

CUADRO 15

RENDIMIENTO DE GRANO (14% HUMEDAD) (kg/ha)		
SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)	$\bar{X}$	DIFERENCIA *
00	1385.4005	a
100	1192.4771	b

*Las diferentes letras minúsculas indican igualdad o desigualdad de medias de tratamientos sometidas al comparador múltiple de Tukey.

VII. DISCUSION DE RESULTADOS

La apreciación individual y general de los resultados del análisis estadístico se puede observar en el Cuadro 5. Una mejor apreciación de lo que sucedió se analiza en los siguientes párrafos en forma ordenada.

VII.1 PESO Y NÚMERO DE NODULOS A LA FLORACION

Los cuadros 6, 7 y 8 manifiestan las diferencias estadísticas mostradas en relación al peso de nódulos, tanto en tratamientos como en subtratamientos y los cuadros 9 y 10 las diferencias que se mostraron en el análisis del número de nódulos.

Tradicionalmente ambos parámetros son considerados para evaluar la eficiencia de fijación de nitrógeno y, aunque el número de nódulos ha sido dejado de considerar para tal efecto por algunos rhizobiólogos debido a la variación que muchas veces presenta, en este trabajo tanto el peso y el número son coincidentes en el efecto observado.

Notoriamente el inoculante de la casa Nitragin manifestó una alta eficiencia en la formación de nódulos y en el peso de los mismos, superando indiscutiblemente a las cepas Ciat 51 y Ciat 4, así como a la bacteria existente en el suelo. Esto parece indicar que la mezcla de cepas de rhizobios que contiene el inóculo de la casa Nitragin tiene mayor especificidad simbiótica con la variedad de soya utilizada.

Como era de esperarse los últimos lugares fueron ocupados por los tratamientos con urea; esto confirma que si el suelo tiene altas concentraciones de nitrógenos inorgánico no se realiza la nodulación (8). Además Kolling, mencionado por Méndez (19), indica que el nitrógeno aplicado tiene un efecto negativo en el número de nódulos, lo que se comprueba en el presente trabajo.

Aunque esto no implica que la aplicación de nitrógeno deba descartarse totalmente ya que si no existe una fijación eficiente es necesario aplicar nitrógeno antes de la floración y en ocasiones dosis pequeñas en las primeras etapas del ciclo de vida de la planta podría funcionar como estarter en el desarrollo de la misma (7, 19).

Otro aspecto concluyente de lo observado en estos cuadros es el efecto negativo que para la bacteria tuvo la aplicación de fósforo y potasio, los cuales se manifestaron altos en el suelo previo al montaje del experimento (ver Materiales y Métodos, pag. 22). Este efecto negativo podría suponer una alta concentración de estos minerales en la zona de actividad de la rizósfera que pudo provocar muerte en la población de rhizobios inoculada y como consecuencia, menor número de células que infectaron la raíz.

VII.2 PESO MATERIA SECA DE PLANTAS

Ninguno de los tratamientos individuales manifestó diferencia significativa en este parámetro (cuadro 11), salvo un efecto observado a un 5% de significancia entre niveles de fertilización (cuadro 12), en el que el juego de tratamientos que tenían 100 kg/ha de fósforo y potasio fue superior al que no lo tenía.

La respuesta es lógica si solo se piensa en producción de materia seca pero si se considera el peso y número de nódulos cuyos resultados fueron a la inversa, si nos basamos únicamente en el hecho de que plantas bien noduladas y de intenso verdor dan mayor producción de material vegetativo que aquellas menos noduladas, el esquema de los resultados sería muy difícil de explicar, y para hacerlo es necesario ligar este parámetro con los rendimientos de grano obtenidos (cuadro 15), en el cual se ve que no fueron los tratamientos con fósforo y potasio los que mejores medias manifestaron. Entonces sólo queda una respuesta: que las plantas con fósforo y potasio, en dosis de 100 kg/ha, sufrieron un crecimiento

vicioso y en consecuencia la pérdida de vigor y reservas nutritivas para la formación de nódulos y granos.

VII.3 RENDIMIENTO DE GRANO

El análisis de las medias de producción de grano (cuadro 13), presenta que los más altos rendimientos fueron los que tenían inoculación de las cepas de Nitragin tanto sin como con fósforo y potasio y, entre estos tratamientos juntamente con los que se aplicó urea e inocularon las cepas Ciat 4 y 51 no existe diferencia estadística.

La respuesta al análisis estadístico es concluyente para fines teóricos pero no lo es para fines prácticos, ya que una diferencia de 657 kg/ha de soya entre un tratamiento y otro es significativo en el campo (diferencia entre el primero y sexto tratamiento del cuadro 13 identificados con la letra "a"). También debe observarse el hecho muy importante de nivel de competencia de fijación con nivel de aplicación de nitrógeno inorgánico bajo este parámetro. Es claro que la fijación de nitrógeno atmosférico fue alta y suficiente para independizar al agricultor de la aplicación de nitrógeno inorgánico, dado el hecho que los rendimientos de urea estuvieron abajo de los tratamientos con Rhizobium japonicum.

En el cuadro 14 se ponen de manifiesto respuestas de rendimiento entre tratamientos más claras. Se define que las cepas de Nitragin superaron a las aplicaciones de urea y de los otros inóculos, quedando en último lugar los tratamientos sin inoculación. Esto es importante porque refleja muy claramente la necesidad de aplicar inoculantes.

Para el ensayo en la variedad William 82 la cepa Nitragin fue indiscutiblemente la que mejor actuó, pero de acuerdo a la especificidad entre bacterias y plantas no se descarta el hecho de

que las otras cepas evaluadas actúen positivamente en otras variedades de soya.

VII.4 CONSIDERACIONES GENERALES

Una visión general de los datos de nodulación y rendimiento de grano a la cosecha indica claramente que existe una relación entre ambos parámetros y tal como ha sido observado por varios investigadores, se reafirma el hecho de que a mayor nodulación hay mayor rendimiento de grano (10, 9).

La única situación que planteó cierta incertidumbre en las relaciones de respuesta nódulos-planta fueron los rendimientos de peso seco de plantas observados; pero indudablemente tuvo mucho que ver el efecto del suelo y los nutrientes sobre la planta al momento de la cosecha de tejido verde, que enmascaró hasta la floración la respuesta que positivamente iba a darse en el resto del tiempo hasta la cosecha de grano.

VIII. CONCLUSIONES

- 1- Las cepas de Nitragin presentaron mejores características de nodulación (peso y número de nódulos) que las cepas Ciat 51 Ciat 4 y la nativa del suelo.
- 2- La aplicación de 100 kg/ha de fósforo y potasio provocó una disminución en el peso, número de nódulos y rendimiento de grano pero un mayor desarrollo vegetativo en las plantas sometidas a este tratamiento.
- 3- Existió mayor especificidad entre la variedad de soya William 82 con el inoculante Nitragin, lo cual se manifestó en las mejores características de nodulación y rendimiento de grano.
- 4- Las cepas nativas mostraron que no son específicas en la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico con la variedad de soya William 82.
- 5- El fertilizante nitrogenado aplicado en 100 kg/ha limita, en los suelos trabajados, la formación de nódulos.

IX. RECOMENDACIONES

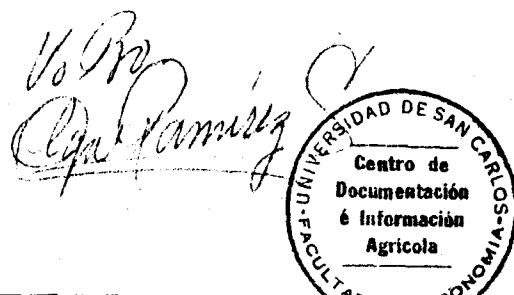
- 1- Evaluar el comportamiento tanto de las características de nodulación como rendimiento de grano en las cepas Ciat 51, Ciat 4 y Nitragin con otras variedades de soya cultivadas en Guatemala.

- 2- Evaluar el efecto de la aplicación de fósforo y potasio en la nodulación y rendimiento de soya en suelos con bajos contenidos de estos dos elementos.

X. BIBLIOGRAFIA

- 1.- AGUILERA, R. La fijación de N_2 atmosférico por Rhizobium, su importancia, y alternativas para Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1982. 16 p.
- 2.- BARRIENTOS, M. y ALVAREZ, V. Algunas transformaciones necesarias para el análisis de varianza. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. Centro Estadística y Cálculo. Boletín Biométrico no. 1, 1982. 52 p.
- 3.- CASTAÑEDA SANDOVAL, J. R. Evaluación agronómica y bromatológica de 21 variedades de soya en el sistema maíz-soya intercalado, bajo condiciones del valle de Monjas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 58 p.
- 4.- CASTELLANOS DE LEON, J. S. Evaluación de 21 variedades y 3 líneas de soya (Glycine max L.) en el departamento de Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. 75 p.
- 5.- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. CIAT Rhizobium collection. Section 2. Strain for P. vulgaris and other grain legumes. Cali, Colombia, 1980. 31 p.
- 6.- DAY, J. Influencia de los factores ambientales en la fijación de nitrógeno por las leguminosas. Porto Alegre, Brasil, Microbiological Resources Center, 1979. 13 p.
- 7.- DELGADO H., F. La soya, su cultivo y usos. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos. Memorándum Técnico no. 334. 1974. 111 p.
- 8.- PRIJOL Y chícharo; producción vegetal. México, Trillas, 1982. 58 p.
- 9.- GAMBOA PANIAGUA, O. R. Evaluación de 20 variedades de soya (Glycine max L.) en el departamento de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. 87 p.
- 10.- GODOY HELGUERO, C. E. Efecto de 5 insecticidas sistémicos sobre la viabilidad del Rhizobium japonicum y el desarrollo nodular en plantas de soya (Glycine max). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 51 p.
- 11.- GONZALES, E. Curso de cultivo de oleaginosas. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981. 30 p.
- 12.- GRAHAM, P. H. Importancia del hospedero en la nodulación y fijación de nitrógeno por leguminosas con algunas sugerencias para mejorarlas. Cali, Colombia, CIAT, s.f. 26 p.

- 13.- GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. Bases para un programa de fomento del cultivo de la soya en Guatemala. Informe económico. (Guatemala) 29(1):1-56. 1982.
- 14.- _____. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. El cultivo de la soya. Guatemala, ICTA, s.f. 6 p.
- 15.- HALLIDAY, J. Energía y fijación de nitrógeno. Cali, Colombia, CIAT, 1980. 25 p.
- 16.- INTERNATIONAL NETWORK of legume inoculation trials. Honolulu, University of Hawaii, s.f. 25 p.
- 17.- MARTINEZ MUÑOZ, A. B. Relación del contenido de lisina y triptófano con el de zeína, durante la germinación del grano de maíz y su posible vinculación con el ciclo vegetativo de la planta. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. 37 p.
- 18.- MELGAR, M. Curso de diseños experimentales. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. 80 p.
- 19.- MENDEZ BARRIOS, J. C. Evaluación en Guatemala de nueve cepas de *Rhizobium phaseoli*, seleccionadas para pruebas internacionales de fijación de nitrógeno atmosférico en frijol, probadas en la variedad ICTA 81. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1982. 42 p.
- 20.- MORALES, V. M. y HUBBELL, D. H. Avances recientes en el estudio del proceso de infección de las leguminosas por el *Rhizobium*. Brasil, s.e., 1978. 30 p.
- 21.- MORFOLOGIA, FISIOLOGIA e bioquímica do *Rhizobium*. Porto Alegre, Brasil, Microbiological Resources Center, 1979. 15 p.
- 22.- RUSCHEL, A. P. Ecología do *Rhizobium*. Curso rápido sobre *Rhizobium*. Porto Alegre, Brasil, Microbiological Resources Center, 1979. 11 p.
- 23.- SCOTT, W. y ALDRICH, S. Producción moderna de la soja. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur, 1975. 192 p.
- 24.- SIMMONS, Ch., TARANO, J. M. y PINTO, J. H. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. 1,000 p.
- 25.- VINCENT, J. M. Manual práctico de rizobiología. Buenos Aires, Argentina, AID, 1975. 200 p.



XI. APENDICE

CUADRO 1

PESO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS (grs.)					
TRATAMIENTOS		REPETICIONES			$\bar{X}$
SUB-TRATAMIENTOS A	SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)	I	II	III	
UREA	00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SIN INOCULANTE	00	0.0000	0.0020	0.0018	0.0013
CEPA CIAT 51	00	0.1190	0.1225	0.1087	0.1167
CEPA CIAT 4	00	0.0511	0.0551	0.0351	0.0471
NITRAGIN	00	1.8144	1.3548	2.1540	1.9411
UREA	100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SIN INOCULANTE	100	0.0000	0.0091	0.0038	0.0043
CEPA CIAT 51	100	0.0910	0.0883	0.0895	0.0896
CEPA CIAT 4	100	0.0000	0.0382	0.0394	0.0259
NITRAGIN	100	0.9263	0.8771	0.8453	0.8829

CUADRO 2

NUMERO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS					
TRATAMIENTOS		REPETICIONES			$\bar{x}$
SUB-TRATAMIENTOS A	SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)	I	II	III	
UREA	00	0	0	0	0.0
SIN INOCULANTE	00	0	1	1	0.7
CEPA CIAT 51	00	19	25	15	19.7
CEPA CIAT 4	00	14	12	9	11.7
NITRAGIN	00	237	288	243	256.0
UREA	100	0	0	0	0.0
SIN INOCULANTE	100	0	2	1	1.0
CEPA CIAT 51	100	16	12	15	14.3
CEPA CIAT 4	100	0	8	12	6.7
NITRAGIN	100	124	119	136	126.3

CUADRO 3

PESO MATERIA SECA DE 10 PLANTAS (grs.)					
TRATAMIENTOS		REPETICIONES			$\bar{X}$
SUB-TRATAMIENTOS A	SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)	I	II	III	
UREA	00	25.0	26.4	24.1	25.2
SIN INOCULANTE	00	25.7	30.8	23.5	26.7
CEPA CIAT 51	00	24.4	26.2	21.4	24.0
CEPA CIAT 4	00	25.7	27.8	26.2	26.6
NITRAGIN	00	21.0	30.7	27.6	26.4
UREA	100	26.2	30.1	25.3	27.2
SIN INOCULANTE	100	29.1	21.4	35.0	28.5
CEPA CIAT 51	100	35.3	25.0	28.4	29.6
CEPA CIAT 4	100	33.2	31.4	38.1	34.2
NITRAGIN	100	25.4	31.7	22.3	26.5

CUADRO 4

RENDIMIENTO DE GRANO (14% HUMEDAD) (kg/ha)					
TRATAMIENTOS		REPETICIONES			$\bar{X}$
SUB-TRATAMIENTOS A	SUB-TRATAMIENTOS B FOSFORO Y POTASIO (kg/ha)	I	II	III	
UREA	00	1326.8147	1296.5116	1200.1850	1274.5038
SIN INOCULANTE	00	434.1085	729.7393	1425.9602	863.2693
CEPA CIAT 51	00	1463.5307	1604.1667	1401.1667	1489.7375
CEPA CIAT 4	00	1220.5779	1613.6364	1268.4109	1367.5417
NITRAGIN	00	2198.4672	1694.6353	1902.7484	1931.9503
UREA	100	1531.0078	1367.3802	1513.3457	1470.5779
SIN INOCULANTE	100	658.1660	1028.6734	874.2512	853.6969
CEPA CIAT 51	100	808.4038	975.5990	911.2051	898.4026
CEPA CIAT 4	100	1154.8626	743.1290	1506.4746	1134.8221
NITRAGIN	100	1622.3573	1393.3668	1798.9341	1604.8861

CUADRO 5

PESO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS (grs.)				
FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA
BLOQUES	2	0.004	0.002	0.56
TRATAMIENTOS	9	10.816	1.202	308.15 **
SUB-TRATAMIENTOS A	4	9.135	2.284	585.56 **
SUB-TRATAMIENTOS B	1	0.365	0.365	93.67 **
INTERACCION	4	1.316	0.329	84.36 **
ERROR	18	0.069	0.004	
TOTAL	29	10.890		

CUADRO 6

NUMERO DE NODULOS A LA FLORACION DE 10 PLANTAS				
FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA
BLOQUES	2	0.174	0.087	2.01
TRATAMIENTOS	9	19.701	2.189	50.55 **
SUB-TRATAMIENTOS A	4	19.285	4.821	111.35 **
SUB-TRATAMIENTOS B	1	0.181	0.181	4.18
INTERACCION	4	0.235	0.059	1.36
ERROR	18	0.780	0.043	
TOTAL	29	20.655		

* Existe diferencia significativa al 5% de probabilidad
 ** Existe diferencia significativa al 1% de probabilidad

CUADRO 7

PESO DE MATERIA SECA DE 10 PLANTAS (grs.)				
FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA
BLOQUES	2	6.774	3.387	0.19
TRATAMIENTOS	9	216.481	24.054	1.36
SUB-TRATAMIENTOS A	4	70.588	17.647	1.00
SUB-TRATAMIENTOS B	1	88.065	88.065	4.98 *
INTERACCION	4	57.828	14.457	0.82
ERROR	18	318.273	17.682	
TOTAL	29	541.528		

CUADRO 8

RENDIMIENTO DE GRANO (14% HUMEDAD) (kg/ha)				
FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA
BLOQUES	2	125 252.041	62 626.021	1.01
TRATAMIENTOS	9	3 419 659.943	379 962.216	6.12 **
SUB-TRATAMIENTOS A	4	2 595 645.271	648 911.318	10.45 **
SUB-TRATAMIENTOS B	1	279 145.864	279 145.864	4.49 *
INTERACCION	4	544 868.808	136 217.202	2.19
ERROR	18	1 118 152.771	62 119.598	
TOTAL	29	4 663 064.755		

*Existe diferencia significativa al 5% de probabilidad

**Existe diferencia significativa al 1% de probabilidad



ACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1946

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

RECEIVED
BIBLIOTECA CENTRAL-URM
JOSÉ ORTIZ
13 MAR 1960



ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
D E C A N O