

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE 5 CEPAS DE Rhizobium phaseoli
EN FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)
EN MARIN, N. L.

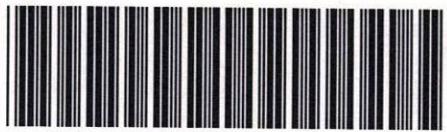
TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTAN:
MARIO MENDOZA CANO
SAUL NAVA VILLEGAS

MARIN, N. L.

JULIO DE 1986

T
SB327
M45
C.1

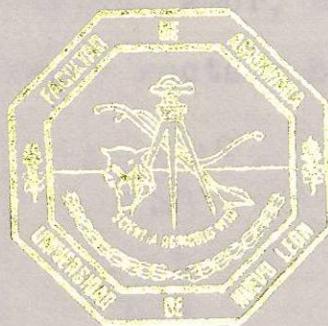


1080062582

A DIOS:

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE 5 CEPAS DE Rhizobium phaseoli
EN FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)

EN MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTAN:

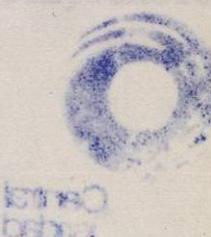
MARIO MENDOZA CANO
SAUL NAVA VILLEGRAS

MARIN, N. L.,

JULIO DE 1986

003983

Bog



T
SB327
M45

040.63

FA9

1986

C.5



Central
Ciudad



FONDO
TESIS LICENCIATURA

Hes;

A DIOS:

Nuestro creador

A MIS PADRES:

Sr. ANGEL MARIO MENDOZA CABRERA.

Sra. ELVA ELVIT CANO DE MENDOZA.

Por darme la vida, comprensión, amor, consejos y
haber hecho de mí una persona recta y honesta.

A MIS HERMANOS:

GERMAN

MIGUEL ANGEL

LEOBARDO

JUAN MANUEL

MARCO ANTONIO

Por su cariño y comprensión.

A MIS ABUELOS:

Sr. RAMON MENDOZA (Q.E.P.D.)

Sra. GUADALUPE CABRERA DE MENDOZA

Sr. FAUSTINO CANO (Q.E.P.D.)

Sra. MARIA SAENZ DE CANO (Q.E.P.D.)

Con todo respeto, por sus sabios consejos, cariño y comprensión.

A TODOS MIS TIOS, PRIMOS Y SOBRINOS:

Por sus consejos y confianza.

A MIS AMIGOS:

Por la confianza y amistad que nos une.

CON GRAN AMOR

A MIS PADRES:

Sr. AGUSTIN NAVA MENDOZA.

Sra. Ma. LIDIA VILLEGRAS DE NAVA.

Por su eterna confianza en mí y por haberme
dado sus consejos, comprensión y sobre todo
su amor, logrando guiarme por un camino
correcto en la vida.

A MIS QUERIDOS HERMANOS:

HECTOR

Y

NOE

Por la confianza que siempre me tuvieron.

A MIS ABUELOS:

Sr. FELICIANO NAVA O. (Q.E.P.D.)

Sra. JOSEFINA M. DE NAVA. (Q.E.P.D.)

Sr. ISAAC VILLEGRAS R. (Q.E.P.D.)

Sra. PASTORA S. DE VILLEGRAS.

Por su cariño.

AGRADECIMIENTOS.

A NUESTRO ASESOR:

ING. RONALD JORGE LECEA JUAREZ.

Por su amistad y ayuda brindada en la elaboración del presente trabajo.

A NUESTROS MAESTROS:

ING. JAIME ALDAPE BOTELLO.

ING. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL.

ING. ERNESTO SANCHEZ ALEJO.

Por su amistad y ayuda mostrada a lo largo de la carrera y por su amable colaboración en la elaboración de este trabajo de investigación.

AL COMPAÑERO ANTONIO DURON ALONSO.

Por su ayuda prestada en el centro de informática de la F.A.U.A.N.L.

A nuestros maestros, amigos y compañeros con quienes compartimos una parte importante de nuestra vida, -- así como a todas aquellas personas que de una u otra forma participaron en la realización de este trabajo.

INDICE.

	pág.
I. INTRODUCCION	1
II. BREVE HISTORIA	3
III. ANTECEDENTES	5
IV. REVISION DE LITERATURA	10
4.1 El frijol	10
4.1.1 Importancia del cultivo del frijol.	10
4.1.2 Origen.	10
4.1.3 Clasificación	12
4.1.4 Características morfológicas.	12
4.1.5 Condiciones ecológicas requeridas por el cultivo.	15
4.2 El nitrógeno	17
4.2.1 Ciclo del nitrógeno	17
4.2.2 Amonificación	20
4.2.3 Nitrificación	21
4.2.4 Desnitrificación.	22
4.3 Conocimientos generales sobre el género <u>Rhizobium</u>	23
4.4 Fijación simbiótica de nitrógeno	27
4.4.1 Relación leguminosa- <u>Rhizobium</u>	27
4.4.2 Interacción inicial	27
4.4.3 Formación del nódulo.	28
4.4.4 Fijación de nitrógeno en los nódulos. . . .	30
4.4.5 Factores que modifican la fijación de N ₂ .	32
4.4.5.1 Factor fisiológico.	33

4.4.5.2 Factores físicos.	33
4.4.5.3 Factores biológicos	37
4.4.5.4 Factores nutricionales.	38
V. OBJETIVOS E HIPOTESIS.	43
VI. MATERIALES Y METODOS	44
6.1 Localización del sitio experimental.	44
6.2 Descripción agronómica de la variedad "Delicias 71".	44
6.3 Características edáficas del terreno experimental	45
6.4 Descripción del diseño experimental y tratamientos	45
6.5 Preparación del terreno.	47
6.6 Inoculación de la semilla.	47
6.7 Siembra.	48
6.8 Labores culturales	48
6.9 Riegos	49
6.10 Cosecha	50
6.11 Muestreo de suelo	50
6.12 Variables estudiadas.	50
VII. RESULTADOS	51
VIII. DISCUSIONES.	53
IX. CONCLUSIONES	56
X. RECOMENDACIONES.	57
XI. RESUMEN.	58
XII. BIBLIOGRAFIA	60
XIII. APENDICE	68

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.

pág.

Cuadro 1. Grupos de inoculación cruzada y asociaciones <u>Rhizobium</u> -Leguminosa.	25
Cuadro 2. Concentración de datos para peso de las plantas en gramos. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. - ciclo Verano-Otoño de 1985.	70
Cuadro 3. Análisis de varianza para peso de planta en gr. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. ciclo Verano-Otoño de 1985.	70
Cuadro 4. Concentración de datos para número de granos -- por planta. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. - ciclo Verano-Otoño de 1985.	71
Cuadro 5. Análisis de varianza para número de granos por planta. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. ciclo Verano-Otoño de 1985.	71
Cuadro 6. Concentración de datos para número de vainas -- por planta. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<u>Phaseolus</u> --	

<u>vulgaris</u>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. - ciclo Verano-Otoño de 1985.	72
Cuadro 7. Análisis de varianza para número de vainas por planta. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. ciclo Verano-Otoño de 1985.	72
Cuadro 8. Concentración de datos para número de granos -- por vaina. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<u>Phaseolus -- vulgaris</u>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. -- ciclo Verano-Otoño de 1985.	73
Cuadro 9. Análisis de varianza para número de granos por vaina. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. ciclo Verano-Otoño de 1985.	73
Cuadro 10. Concentración de datos para peso de las vainas-- en gramos. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<u>Phaseolus -- vulgaris</u>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. -- ciclo Verano-Otoño de 1985.	74
Cuadro 11. Análisis de varianza para peso de las vainas en gramos. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. ciclo Verano-Otoño de 1985.	74

Cuadro 17. Análisis de varianza para porcentaje de nitrógeno de la parte aérea de la planta. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. ciclo Verano-Otoño de 1985.	77
Cuadro 18. Características edáficas promedio del suelo experimental.	78
Cuadro 19. Temperaturas máximas, mínimas y media (°C) registradas durante el desarrollo del experimento Obtenidas de la estación meteorológica de la F.A.U.A.N.L. Marín, N.L. 1985.	79
Cuadro 20. Precipitación registrada (mm) durante el desarrollo del experimento. Obtenidas de la estación meteorológica de la F.A.U.A.N.L. Marín, N.L. 1985.	79
Cuadro 21. Evaporación registrada (mm) durante el desarrollo del experimento. Obtenidas de la estación meteorológica de la F.A.U.A.N.L. Marín, N.L. 1985.	80
Cuadro 22. Concentración de datos para nitrógeno fijado. .	87
Figura 1. Ciclo del nitrógeno.	18
Figura 2. Etapas de la formación de un nódulo radical. .	29
Figura 3. Distribución al azar de los tratamientos en el campo. Evaluación de 5 cepas de <u>Rhizobium phaseoli</u> en rendimiento de frijol. Marín, N.L. en el ciclo Verano-Otoño de 1985.	69

INTRODUCCION.

A nivel nacional el frijol se considera uno de los cultivos más importantes en razón de la superficie dedicada a su producción, la cantidad de grano que se consume y por la actividad económica que genera.

El frijol común es uno de los granos que se consumen en grandes cantidades y ha sido hasta la actualidad, la principal fuente de proteína de la gran mayoría de los mexicanos, - principalmente en el medio rural.

Las proteínas, constituyentes de todas las células vivas, son sustancias nitrogenadas complejas; su contenido medio de nitrógeno es del 16 %.

El continuo agotamiento de las fuentes de nitrógeno del suelo y la necesidad de producciones más altas en los cultivos, ha dado lugar a un creciente interés por conservar la reserva limitada del elemento. A causa de que sólo una fracción de la necesidad total de nitrógeno para la agricultura proviene de fertilizantes naturales y sintéticos, la porción sobrante debe satisfacerse a partir de las reservas del suelo y a través de la fijación biológica de nitrógeno atmosférico.

Las bacterias del género Rhizobium, son microorganismos-fijadores de nitrógeno atmosférico, pero sólo realizan su función cuando se hallan asociados con las leguminosas, por ésta razón se le ha llamado a éste proceso: "fijación simbiótica -

de nitrógeno" ..

Es indudable que la fijación biológica de nitrógeno ofrece a los agricultores un medio importante para controlar la disponibilidad de nitrógeno y la esperanza de aumentar el nitrógeno aprovechable por las plantas y al mismo tiempo, reducir la aplicación de fertilizantes químicos y el costo de la producción de cultivos.

Es debido a ésto, que se han realizado numerosos trabajos encaminados a encontrar una mayor eficiencia en la fijación de nitrógeno atmosférico por bacterias del género Rhizobium.

El presente trabajo forma parte del proyecto de fijación biológica de nitrógeno de la F.A.U.A.N.L. en coordinación con el C.O.N.A.C.Y.T.

BREVE HISTORIA.

La primera demostración experimental de que las leguminosas fijan el nitrógeno atmosférico se debe a Boussingault -- (1838) citado por Senez (1976), éste químico francés midió y comparó el contenido total en nitrógeno de varias semillas, y de las plantas que nacieron de ellas a los tres meses de desarrollo en un suelo al que no se había añadido ningún abono ni nitrogenado. Al observar que el contenido de nitrógeno de las plantas era casi igual al de las semillas en el caso de cereales (trigo, cebada) y doble en las leguminosas (trébol, guisante), Boussingault concluyó que, a diferencia de las demás plantas, las leguminosas fijan el nitrógeno atmosférico.

Winogradsky (1856) citado por Pelczar (1966), descubrió la modalidad autótrofa de vida entre las bacterias y estableció su intervención en las transformaciones de los compuestos de nitrógeno y de azufre del suelo.

Años más tarde, Lachmann (1858) y después Woronin (1863) citados por Senez (1976), observaron que los nódulos característicos de las raíces de las leguminosas, contienen gran cantidad de microorganismos a los que Brunchorst (1885) llamó -- "bacteroides".

Hellriegel y Wilfarth (1888) citados por Pelczar (1966), demostraron que en los nódulos de las raíces de las leguminosas tiene lugar la fijación biológica de nitrógeno. Hoy, ese-

proceso está considerado como el segundo en importancia, después de la fotosíntesis, entre los procesos bioquímicos de -- las plantas.

En el mismo año (1888) Beijerinck citado por Pelczar -- (1966), logró aislar por primera vez en cultivo puro, bacterias de los nódulos de las leguminosas y demostró su propiedad de producir éstos nódulos. Denominó a ésta bacteria Bacillus radicicola que hoy se conoce como una especie del género Rhizobium.

ANTECEDENTES.

Dada la importancia del cultivo del frijol, debido a la superficie que se siembra anualmente en México; resulta de interés el estudiar la fijación simbiótica de nitrógeno por Rhizobium phaseoli, con miras a disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados en éste cultivo, los cuales generan mayores gastos y disminuyen la calidad del suelo; por lo cual se han hecho numerosos estudios de los cuales se mencionan algunos.

Guss y Dobereiner (1972), estudiaron el efecto de la fertilización nitrogenada y la temperatura sobre la fijación de nitrógeno en plantas de frijol y encontraron que el nitrógeno aplicado al suelo no afectó la nodulación ni el crecimiento de la planta. También encontraron que las temperaturas del suelo superiores a 32°C disminuían la eficiencia nodular; pero algunas cepas pudieron compensar ésta reducción aumentando el número y tamaño de los nódulos a la temperatura más alta.

Echegaray y Núñez (1974), establecieron un experimento en la mesa central de México, para evaluar la influencia de la fertilización del suelo sobre la nodulación y fijación de nitrógeno atmosférico en frijol con dos cepas de Rhizobium phaseoli, encontraron que la fertilización nitrogenada abatió la nodulación y la fosfatada la estimuló.

Chávez (1975), realizó un estudio en el valle de México sobre el efecto de la fertilización con N y P₂O₅ sobre la no

dulación, acumulación de N_2 y rendimiento de frijol; donde -- encontró que la aplicación de N redujo la nodulación en el frijol, pero elevó el rendimiento de grano; en cambio, la adición de P_2O_5 aumentó la nodulación y también el rendimiento de grano, lo que demostró la deficiencia de éstos elementos en el suelo experimental.

Alcantar (1978), en la localidad de Chapingo, México; estudió el efecto de diferentes dosis de nitrógeno en dos fuentes sobre los procesos de nodulación, fijación de nitrógeno y rendimiento de frijol. Utilizó como fuentes de nitrógeno, sulfato de amonio y nitrato de calcio, los cuales se probaron a varios niveles, el genotipo de frijol usado fué el Jamapa. Encontró que cuando la fuente fué nitratos hubo una mayor respuesta en el crecimiento de las plantas. El peso y número de nódulos fueron mínimos cuando se aplicaron los niveles altos de fertilizante. El máximo rendimiento se obtuvo con la concentración de 15 ppm para ambas fuentes. La síntesis de leg-hemoglobina nodular no se vió afectado por los niveles de nitrógeno aplicados, pero los nitratos reportaron una mayor estimulación en la síntesis de éste componente.

Ferrara y Cuautle (1979), del colegio de postgraduados de Chapingo, México; evaluaron diez cepas enviadas por el Centro de Investigación Agrícola Tropical (C.I.A.T.). El experimento se llevó a cabo en Lomas de San Juan, México. Donde los inoculantes que dieron mejor resultado fueron CIAT-903 con -- 423.2 g. (grano de 10 plantas), CP-28 con 409.5 y CP-16 con --

427 en comparación con el control no inoculado que fué de --- 361 g. (grano de 10 plantas).

Martínez et al. (1981), evaluaron la actividad de dos cepas de Rhizobium phaseoli en el valle de México, denominados CP-30 y EL-24, contra una curva de respuesta a niveles crecientes de fertilización nitrogenada (0, 20, 60 y 100 Kg/ha.) en dos variedades de frijol (Negro-Puebla y Ojabra 400). Esta evaluación indica que la variedad Negro-Puebla mostró una mayor capacidad de nodulación que la variedad Ojabra 400. No hubo efecto de las cepas sobre la nodulación, aunque el número de nódulos disminuyó cuando la dosis de N se incrementó de 20 a 100 Kg/ha. y se inoculó la semilla Ojabra 400 con la cepa EL-24. En cuanto al efecto de la fertilización nitrogenada y del inoculante sobre el rendimiento de materia seca total fueron mayores en el Negro-Puebla.

Chessal y Valdés (1981), realizaron un experimento con el fin de seleccionar cepas de Rhizobium sp. aisladas de diferentes plantas de frijol (Criollo blanco, Carita y Sin tiempo). Se utilizaron 38 cepas aisladas de diferentes plantas inoculadas de diferentes suelos del estado de Chiapas, México. Se observó que la variedad Criollo blanco es menos promiscua para su asociación con la bacteria, que las otras dos variedades.

Cuautle y Valdés (1981), evaluaron algunos factores que afectan la nodulación y la capacidad simbiótica de Rhizobium-

sp. en frijol en el valle de México. Probaron tres inoculantes preparados con cepas aisladas de los suelos en estudio y dos inoculantes comerciales en dos variedades de frijol sembradas tanto en suelo fumigado como en sin fumigar (ésto para reducir la interferencia de las bacterias nativas). Bajo condiciones de temporal se obtuvieron máximos rendimientos pero disminuyó el número total de nódulos en ambas variedades (Negro-Puebla y Negro 150), tanto con la aplicación de 80 Kg/ha. de N como con la fumigación. Bajo condiciones de riego se obtuvieron mayor rendimiento y mayor número total de nódulos en las dos variedades cuando se fumigó el suelo. Concluyeron que la fumigación del suelo resultó efectiva en el aumento de rendimiento debido a que aumentó la fertilidad del suelo y controló malezas. Pero la fumigación es impráctica por su alto costo. Por lo tanto para tener éxito en la inoculación es necesario incorporar gran cantidad de bacterias que puedan competir con la población nativa.

Vencatasamy y Peerally (1981), estudiaron el efecto del sombrio, el pH y ciertos pesticidas en la nodulación y fijación de nitrógeno en frijol. Las plantas sin sombrio presentaron el mayor peso fresco promedio de nódulos y se redujo considerablemente en la sombra. La cepa Rhizobium phaseoli presentó crecimiento satisfactorio con pH entre 5.8 a 8.7. El desarrollo de la planta no se afectó dentro del rango de 4.7- a 8.7. La aplicación en el campo de tiram, mancozeb y benomil no afectó la nodulación.

Gardezi y López (1983), realizaron en la región de Chapingo, México; un trabajo sobre la evaluación de cepas de Rhizobium phaseoli en el cultivo del frijol. Los resultados indican que los más altos rendimientos de grano se lograron con los tratamientos sin inocular, fertilizados con 80 y 30 Kg/ha de N y P₂O₅ respectivamente, con un rendimiento de 1239.5 Kg por ha.; tratamiento 80-60 produciendo 978.4 Kg/ha. y con el tratamiento inoculado con el inoculante multicepa, formado -- por las cepas denominadas 182, 1376 y 1383 más 30 Kg/ha. de P₂O₅ con un rendimiento de 1116.7 Kg de grano/ha. siendo estos rendimientos estadísticamente iguales.

Quintero y Calzada (1983), evaluaron el efecto de la inoculación de frijol en zonas de temporal en Durango, Méx. donde los análisis estadísticos de sus resultados mostraron que los rendimientos de algunas cepas son tan altos, como los obtenidos con la fertilización nitrogenada.

Huntington y Smith (1984), realizaron un trabajo en la República Dominicana para probar la respuesta del frijol a la inoculación con raza mejorada de Rhizobium phaseoli bajo dos sistemas de labranza y fertilización fosfatada. La variable labranza fué incluida para determinar que tanto modifica la temperatura y humedad de la rizósfera influenciando en la respuesta a la inoculación. Encontraron que ni la labranza ni la fertilización fosfatada influenciaron la respuesta a la inoculación.

REVISION DE LITERATURA.

4.1 El frijol.

4.1.1 Importancia del cultivo del frijol.

La importancia que tiene el cultivo de frijol en México es muy grande por ser una importante fuente de proteína, aunque varias leguminosas contienen mayor cantidad de proteínas que el frijol.

Bressani (1965), menciona que el frijol proporciona el 33 % de la proteína diaria consumida, aportando principalmente aminoácidos escenciales, tales como la metionina y la cisteína, los cuales son diferentes en el maíz y en los demás cultivos amiláceos. Al respecto, cabe señalar que el contenido de proteína del frijol oscila entre el 19.2 al 27.9 %.

4.1.2 Origen.

Las formas silvestres de Phaseolus vulgaris se localizan en las partes occidental y sur de México, en Guatemala y en Honduras, a lo largo de una franja de transición ecológica localizada entre los 500 y 1800 M.S.N.M.M. (Miranda, 1967; Gentry, 1969). También se han encontrado en la parte oriental de la cordillera Andina, en América del Sur, entre los 1500 y 2800 M.S.N.M.M. (Brücher, 1968).

En el área de México-Guatemala-Honduras el ciclo vegeta-

tivo de las formas silvestres ocupa el período comprendido -- entre Mayo y Noviembre. Las formas silvestres de Phaseolus -- vulgaris son anuales, el hábito de crecimiento es principal mente indeterminado, y los tallos pueden medir más de tres me tros de longitud. Las flores son pequeñas, de color morado, - rosa o blanco. Las vainas ocurren en racimos y pueden variar entre 2 y 10 por inflorescencia; también varían en tamaño y - color, siendo más comunes los colores café, crema y morado; - el número de semillas por vaina varía generalmente entre ocho y diez.

Las semillas pueden ser de color gris, café, crema, ama rillo o negro, y su tamaño puede variar de 5 a 14 mm de longi tud, 3 a 8 mm. de anchura y 2 a 5 mm. de grueso. En el área - donde ocurren las formas silvestres, el ciclo vegetativo va - ría entre 3 y 6 meses.

Kaplan y McNeish (1960), han reportado restos de Phaseo lus vulgaris con antigüedad de 6000 a 7000 años antes del pre sente en Tehuacán, Puebla, Méx.; 1000 a 2300 años antes del - presente en el sureste de E.U.; y 7680 años antes del presen te en Callejón de Huaylas, Perú. (Kaplan, 1973).

4.1.3 Clasificación taxonómica.

Según Mateo (1961) y Miranda (1967).

Reino: Vegetal

Subreino: Plantas

Phylum: Tracheophyta

Clase: Angiospermas

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Rosales

Suborden: Rosinae

Familia: Leguminosae

Subfamilia: Papilionoideae

Tribu: Faseoleae

Subtribu: Faseolineae

Género: Phaseolus

Especie: vulgaris

4.1.4 Características morfológicas.

Según Lepiz y Navarro (1983).

Raíz.- El sistema radical está formado por la raíz prima ria o principal, sobre ésta desarrollan las raíces secundarias, terciarias y otras divisiones. En las partes jóvenes de las raíces laterales se encuentran los nódulos, los cuales alojan las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico.

Tallo.- El tallo joven es herbáceo y semileñoso al final del ciclo; es una sucesión de nudos y entrenudos donde se in-

sertan las hojas y los diversos complejos axilares.

Ramas.- Las ramas provienen de yemas localizadas en las-axilas de las hojas, es decir, entre el tallo y la inserción-de la hoja; pueden ser primarias si desarrollan del tallo --principal, secundarias si desarrollan de una axila de una ra-ma primaria y terciarias si provienen de una rama secundaria.

Hojas.- Son de dos tipos: simples y compuestas, inserta-das a los nudos de tallos y ramas mediante el pecíolo. Los co-tiledones constituyen el primer par de hojas (hojas semina --les), éstos son de poca duración. El segundo par de hojas y -primeras hojas verdaderas, se desarrollan en el segundo nudo, son simples, opuestas y cordadas. (Miranda, 1966; Ospina, ---1980).

Flores.- Las flores del frijol desarrollan en una inflo-reescencia de racimo, la cual puede ser terminal como sucede -en las variedades de hábito determinado, o lateral en las in-determinadas. La inflorescencia consta de pedúnculo, raquis,-brácteas y botones florales.

La flor es papilionada de simetría bilateral, pedicela -da. El cáliz es gamosépalo, campanulado, con cinco dientes --triangulares. La corola es pentámera, con pétalos diferentes-morfológicamente; el pétalo más grande se llama estandarte, -los dos pétalos laterales reciben el nombre de alas; los dos-pétalos restantes están soldados y forman la quilla, la cual-envuelve completamente a los estambres y pistilo.

La flor consta de 10 estambres, 9 de los cuales son adultos y están soldados por su base formando un tubo alrededor del ovario y un estambre libre llamado vexilar. El pistilo o gineceo es súpero, con estilo encurvado y de estigma lateral terminal.

Fruto.- El fruto es el ovario desarrollado en forma de vaina con dos suturas que unen las dos valvas; las semillas se unen a las valvas en forma alterna sobre la sutura placental. (Miranda, 1966). Las vainas generalmente son glabras, de epidermis cerosa, son dehiscentes o indehiscentes.

Semilla.- La semilla proviene de un óvulo campilótropo, - carece de endospermo y consta de testa y embrión. La testa proporciona protección al embrión. El embrión se sitúa dentro de la semilla entre los cotiledones, con la radícula orientada hacia el micrópilo y la plúmula hacia el interior del grano.

La semilla se une a la placenta a través del funículo, - el cual deja una cicatriz denominada hilio o hilium; a un lado del hilio se localiza el micrópilo y al otro lado el rafe. La semilla puede tener varias formas: cilíndrica, de riñón, - esférica y otras.

4.1.5 Condiciones ecológicas requeridas por el cultivo.

Clima.- El cultivo del frijol prospera satisfactoriamente en aquellas regiones que presentan un clima templado o bien cálido húmedo. Esta especie no resiste las heladas, más bien es susceptible a bajas temperaturas. (S.A.R.H., 1976; Francis, 1981).

Temperatura.- Las temperaturas mínimas requeridas para su desarrollo son las siguientes: para germinar 8°C ; para florear 15°C y para madurar 18°C , por abajo de dichas temperaturas se presentan dificultades para el desarrollo de las plantas. (Messiaen, 1979).

Humedad.- Se puede producir bajo condiciones de temporal si existe una buena precipitación durante su ciclo vegetativo, tal como unos 600 mm o más, en lugares donde no alcanza deberá recurrirse al riego. El frijol es más productivo en regiones de baja humedad debido principalmente a la menor incidencia de plagas y enfermedades que atacan a las plantas en las zonas húmedas. (Francis, 1981).

Altitud.- Generalmente se admite que el cultivo de frijol se desarrolla bien a una altitud que va desde los 500 metros hasta los 1500 M.S.N.M. (Messiaen, 1979).

Suelos.- Prospera bien en suelos de textura ligera, profundos siendo escencial la condición del drenaje para evitar la pudrición radicular. (S.A.R.H., 1976; Francis, 1981).

El frijol común, se da en suelos cuya textura varía de - fracos arenosos hasta arcillas pesadas. Crece bien en suelos con un pH entre 5.5 y 6.5 (Mortensen, 1975).

Los suelos pesados son frecuentemente húmedos y fríos -- causando un crecimiento lento en las leguminosas; lo contrario sucede en suelos ligeros, donde el crecimiento se acelera obteniéndose una producción temprana. (Crispín, 1979).

4.2 El nitrógeno.

4.2.1 Ciclo del nitrógeno.

En la naturaleza, una fuente de nitrógeno adecuada es - frecuentemente el factor limitante del crecimiento en un ecosistema; aunque la atmósfera proporciona un abundante suministro de nitrógeno molecular, ya se ha visto que solo existe un grupo restringido de microorganismos fijadores de nitrógeno - capaces de utilizarlo. (Wilkinson, 1976).

El nitrógeno constituye el 78.11 % en volumen o el 75.5- en peso de toda la atmósfera. Sobre cada metro cuadrado de la superficie existe una capa de aire que contienen hasta 8 toneladas de N_2 .

El nitrógeno gaseoso libre no se asimila por las plantas verdes ni por los animales. El nitrógeno combinado, tampoco - es siempre apropiado para la nutrición de las plantas, antes- de su previa transformación en sales de ácido nitroso o nítri- co. (Piatkin, 1968).

Las partes del ciclo del nitrógeno dirigidas por el metabolismo microbiano están compuestas de varias transformaciones individuales. En la mineralización del nitrógeno, parte - de la gran reserva de complejos orgánicos en el suelo es des- compuesta y convertida a iones inorgánicos que son usados por las plantas como amonio y nitrato. La mineralización microbia- na da como resultado la degradación de las proteínas, polipép-

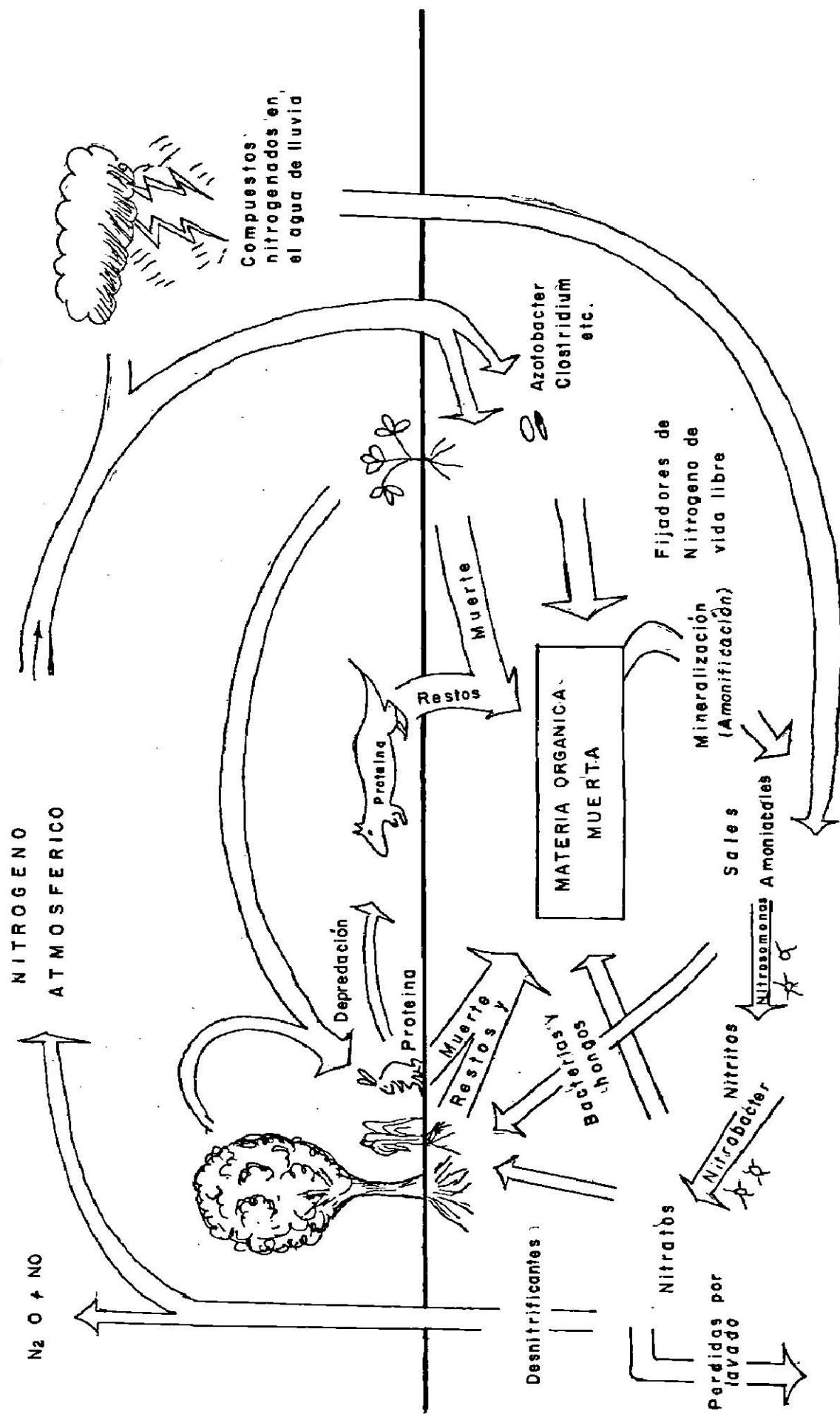


Figura 1. Ciclo del Nitrógeno.

tidos, aminoácidos, ácidos nucleicos y otros compuestos orgánicos.

El nitrógeno es la unidad estructural clave de la molécula de proteína sobre la cual se basa toda la vida. Es uno de los pocos nutrientes del suelo que se pierde por volatilización así como por lixiviación.

Cuando los animales y las plantas son sujetos a la degradación microbiológica, el nitrógeno orgánico es liberado como amonio que a su vez es utilizado por la vegetación o es oxidado a nitrato. Este último ion puede perderse por lixiviación, servir como nutriente vegetal o puede ser reducido alternativamente a amonio ó a N_2 gaseoso, que escapa a la atmósfera, completando así el ciclo. (Alexander, 1980).

Según Tisdale y Nelson (1982), los caminos principales - por los que el nitrógeno es convertido a formas utilizables - para las plantas superiores son los siguientes:

1.- Fijación por Rhizobia y otros microorganismos que viven simbióticamente en las raíces de las leguminosas y otras de terminadas plantas no leguminosas.

2.- Fijación por microorganismos que viven libremente en el suelo, y quizá por microorganismos que viven en las hojas de plantas tropicales.

3.- Fijación, como alguno de los óxidos de nitrógeno, por las descargas eléctricas atmosféricas.

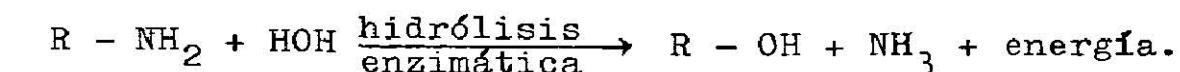
4.- Fijación como amoniaco, NO_3^- , o CN_2^- , por alguno de los - varios procesos industriales para la fabricación de los fertilizantes nitrogenados sintéticos.

El nitrógeno en el suelo sigue el ciclo por tres caminos muy importantes los cuales son: amonificación, nitrificación- y un proceso de pérdida de nitrógeno el cual se le llama des-nitrificación.

4.2.2 Amonificación.

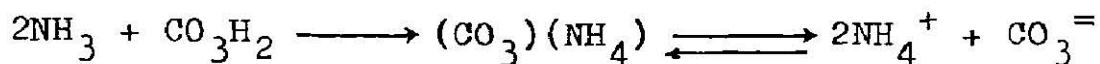
El nitrógeno se encuentra contenido en diversas sustancias orgánicas principalmente en forma de proteínas.

El proceso químico más importante es la hidrólisis biológica, que descompone gradualmente las proteínas hasta dar proteosas, peptonas, aminoácidos y finalmente amoniaco. Toda ésta secuencia de procesos que terminan finalmente en la producción de amoniaco se denomina amonificación.



combinación

amino



El amoniaco así liberado sufre destinos diversos en el suelo:

1.- Puede ser convertido a nitritos y nitratos por el proceso de nitrificación.

2.- Puede ser absorbido directamente por las plantas superiores.

3.- Puede ser utilizado por los organismos heterótrofos en ulteriores descomposiciones de los residuos carbonados orgánicos.

4.- Puede ser fijado en una forma no utilizable biológicamente en los trámites de ciertos tipos de arcillas minerales en expansión. (Teuscher y Adler, 1965; Tisdale y Nelson, 1982).

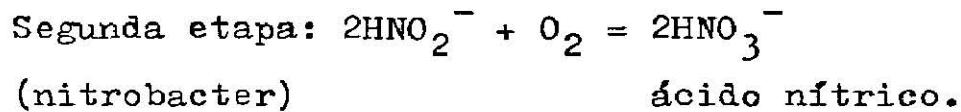
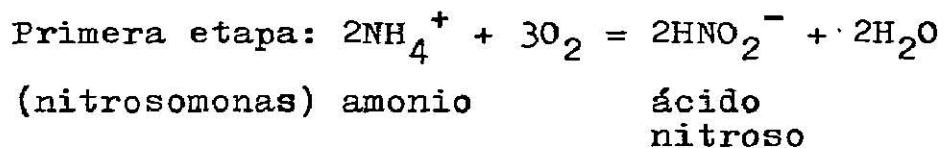
4.2.3 Nitrificación.

Es un proceso de dos etapas en el que el amoniaco es convertido primero a nitrito (NO_2^-) y luego de éste a nitrato -- (NO_3^-). La conversión a nitrito se realiza especialmente por un grupo de bacterias autótrofas obligadas conocidas como "nitrosomonas".

La conversión de nitrito a nitrato se efectúa sobre todo por un segundo grupo de bacterias autótrofas obligadas denominadas "nitrobacter". (Teuscher y Adler, 1965; Tisdale y Nelson, 1982; Buckman, 1977).

Estos dos géneros se hallan muy especializados en los pasos oxidativos. El género que oxida el amoniaco suministra el sustrato al género que oxida al nitrito. (Schlegel, 1979).

Pasos de la nitrificación.



4.2.4 Desnitrificación.

Ciertos organismos pueden reducir los nitratos hasta llegar a nitrógeno molecular. Estos organismos son conocidos como bacterias desnitrificantes. Siendo Bacterium desnitrificans una de las especies mejor conocidas. La desnitrificación se favorece por una pobre aireación del suelo, las bacterias-desnitrificantes son anaerobias facultativas; extraen oxígeno atmosférico, éste oxígeno es utilizado para oxidar el hidrógeno de los alimentos orgánicos formando agua como uno de los productos finales. Otras pérdidas pueden ser debido a erosión, lixiviación y volatilización. (Steward, 1963; Rojas, 1972).

4.3 Conocimientos generales sobre el género Rhizobium.

Clasificación taxonómica del género Rhizobium. Según Burrows (1974) citado por Carranza (1984).

Reino: Vegetal

Subreino: Tallophyta

División: Schizophyta

Clase: Schizomycetes

Orden: Eubacterales

Familia: Rhizobiaceae

Género: Rhizobium

El género Rhizobium pertenece al orden de los Eubacterales ó "bacterias reales", el cual es bastante amplio e incluye bacterias muy importantes para el hombre. Dentro de este orden hay 13 familias con 63 géneros entre los que destaca la familia Rhizobiaceae. (Carpenter, 1969).

El género Rhizobium pertenece a la familia Rhizobiaceae - que además comprende a los géneros Agrobacterium y Chromobacterium. Etimológicamente el nombre de ésta familia es formado por dos raíces griegas "Riza" raíz y "Bios" vida. (Berkeley, 1957).

La separación en especies dentro del género está basada completamente, al menos en la actualidad, en la especificidad por el hospedero, pues las bacterias están limitadas en los grupos de plantas que infectan. La característica en la cual está basada la clasificación es la capacidad de un cultivo de

Rhizobium para invadir las raíces de un número restringido de especies de plantas, además de la leguminosa de la cual se -- obtuvo el microorganismo. (Alexander, 1980).

Alexander (1980), menciona que los miembros del género - Rhizobium al infectar la leguminosa apropiada, pueden causar la formación de nódulos y participar en la adquisición simbiótica de nitrógeno. Las bacterias son gram-negativas, no forman esporas, son bacilos aerobios de 0.5 a 0.9 micras de ancho y de 1.2 a 3.0 micras de largo. Los rizobios crecen fácilmente en medios de cultivo que contienen fuentes de carbono tales como manitol o glucosa, y amonio o nitrato para suministrar el nitrógeno requerido y algunas sales inorgánicas. Además de la fuente de carbono orgánico, los microorganismos a menudo necesitan una o varias vitaminas del complejo B. Las vitaminas que se requieren incluyen a la biotina, tiamina y ácido pantoténico y algunas veces riboflavina.

Las bacterias de los nódulos antiguamente fueron llamadas Bacillus radicicola, ahora se clasifican en el género Rhizobium. Tienen forma típica de bastones cuando crecen en medios adecuados, y activamente en los nódulos vigorosos; pero pueden adoptar formas de X, Y, T ó racimos si crecen en condiciones desfavorables del medio o del nódulo. (Russell, 1968).

A causa del limitado número de hospederos se han establecido grupos llamados de "inoculación cruzada".

Cuadro 1. Grupos de inoculación cruzada y asociaciones

Rhizobium - Leguminosa.

GRUPOS DE INOCULACION CRUZADA	ESPECIES DE <u>Rhizobium</u>	GENERO HOSPEDERO	LEGUMINOSAS INCLUIDAS
Grupos de Alfalfa	R. meliloti	Medicago Melilotus Trigonella	Alfalfa Trébol dulce Alholva
Grupos de Trébol	R. trifolii	Trifolium Pisum Vicia Lathyrus Lens	Trébol Chícharo Algarrobo Almorta Lenteja
Grupo del Frijol	R. phaseoli	Phaseolus	Frijol
Grupo del Altramuz	R. lupini	Lupinus Ornithopus	Altramuz Serradela 6 pie de pájaro
Grupo de la Soya	R. japonicum	Glycine	Soya
Grupo del Caupí		Vigna Lespedeza Crotalaria Pueraria Arachis Phaseolus	Caupí Trébol del Japón Crotalaria Kudzú Cacahuate Frijol Lima

Burton (1967) y Alexander (1980), definen como grupo de inoculación cruzada a las leguminosas noduladas por un mismo Rhizobium en consecuencia una especie del género Rhizobium -- está formada por todas las cepas que nodulen un grupo de inoculación cruzada. Si bien es cierto que un grupo de leguminosas puede ser infectado por una sola cepa de Rhizobium respondiendo en forma diferencial a algunas leguminosas. Por tal -- respuesta de infectividad se divide el grupo de leguminosas - en pequeños subgrupos, los cual tiene gran importancia en la selección de cepas para la inoculación. (Burton, 1967).

4.4 Fijación simbiótica de nitrógeno.

4.4.1 Relación leguminosa- Rhizobium.

Hace ya muchos años se demostró que la vegetación de ciertas plantas mejora la tierra y, al aumentar su fertilidad estimula o favorece las cosechas venideras. Las plantas que producen tal estímulo resultaron ser de la familia Legumino-seae. (Salle, 1965).

Hellriegal y Wilfarth (1888) citados por Salle (1965), pusieron de manifiesto que la estimulación provenía de un aumento en la provisión de nitrógeno del suelo, en virtud de la presencia de unos nódulos o tubérculos en las raíces de esas plantas; sin tales nódulos no se producía estímulo ni mejora alguna en la cosecha siguiente.

La relación planta-Rhizobium puede considerarse, siempre que ambos miembros de la misma sean compatibles, como una simbiosis pura (mutua). La planta suministra el alimento y ofrece al simbionte unas condiciones óptimas de vida. Ni la planta ni la bacteria pueden fijar nitrógeno cuando están separadas. Solo en los nódulos se lleva a cabo la fijación de nitrógeno. (Schlegel, 1979).

4.4.2 Interacción inicial.

En el desarrollo de la estructura nodular, el paso inicial parece involucrar la liberación de productos de excre-

sión vegetal que son estimulantes para las bacterias dentro - de la zona radicular. De éste modo los rizobios pueden agrega - garse en diferentes sitios adyacentes a la raíz. (Alexander, - 1980).

Rovira (1962), menciona que en el análisis de los mate - riales orgánicos secretados por las raíces se han encontrado - aminoácidos, azúcares, enzimas y vitaminas, siendo en mayores cantidades las encontradas en las leguminosas.

Una de las secreciones de la raíz es el triptófano, que - es transformado por los rizobios en ácido indolacético. Esta - hormona induce el encurvamiento de algunos pelos radicales, -- proceso que es el preludio de la infección. (Senez, 1976; --- Brock, 1978).

4.4.3 Formación del nódulo.

La infección de la planta se produce exclusivamente en - los pelos radicales jóvenes. Alrededor del extremo del pelo - radical se agrupan las bacterias y, formando un tubo infecti - vo crecen introduciéndose hasta la base de los pelos radica - les. Estos tubos rodeados por una membrana celulósica, atra - viesen a continuación las jóvenes paredes celulares de la epi - dermis y de la corteza de la raíz. Al encontrarse con una cé - lula tetraploide del tejido cortical se provoca en dicha célu - la y en las células diploides vecinas una división celular; - los tubos se ramifican y se distribuyen entre las células te -

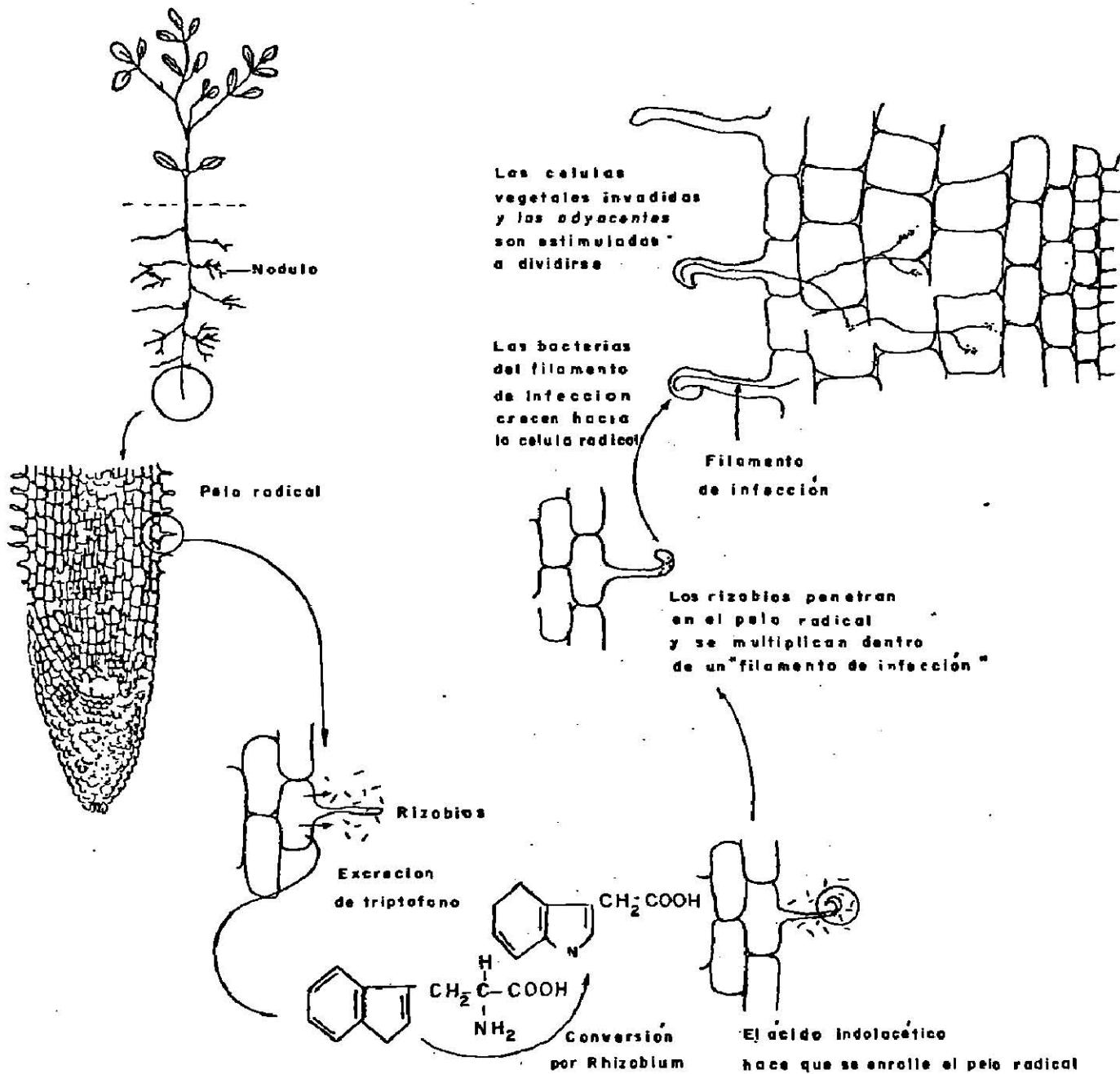


Figura 2. Etapas de la formación de un nódulo radical.

traploides. Los nódulos constituyen el resultado de esas excreciones tisulares provocadas por los rizobios con mediación de sustancias de crecimiento. Las bacterias se multiplican muy de prisa y ocupan finalmente, ya sea individualmente o en grupos rodeados por una membrana, el citoplasma de las células vegetales. También aumenta el volumen de las bacterias -- (de 10 a 12 veces) y cambian de forma (formas involutivas --- bacterioides). Los tejidos ocupados por bacterias presentan una coloración rojiza; contienen leghemoglobina, un pigmento-emparentado con la hemoglobina. (Schlegel, 1979).

Los nódulos que se encuentran sobre las raíces de las leguminosas varían mucho de forma y tamaño. Los nódulos pueden ser esféricos, aunque de ordinario no son alargados, o aplastados y asurcados, o pueden tener proyecciones papiliformes, o ser irregulares y a veces coavultados, aunque comúnmente tienen una superficie lisa. Su tamaño varía desde el de una cabeza de alfiler hasta más de un cm. (Russell, 1968).

Burton (1952), reporta que el frijol nodula con cepas de Rhizobium nativas del suelo, y observa que un gran porcentaje de la nodulación proviene de cepas nativas del suelo y sólo de un 10 a 20 % de la inoculación artificial de las semillas.

4.4.4 Fijación de nitrógeno en los nódulos.

Unicamente los microorganismos pueden tomar nitrógeno de la atmósfera y fijar nitrógeno molecular. Estos microorganismos

mos que viven ya sea aisladamente, ya sea en simbiosis con -- plantas superiores, pasan el nitrógeno molecular, a un enlace orgánico y lo incorporan, ya sea directamente ó a través del material vegetal, a la proteína del suelo. A través de los microorganismos libres que fijan N_2 se incorporan al suelo aproximadamente 5 kg. de N_2 por ha. por año. La fijación de nitrógeno que realizan los simbiontes de las leguminosas permiten una ganancia de nitrógeno de 100-200 kg. de nitrógeno por ha.- por año. (Schlegel, 1979).

Los bacteroides de los nódulos de una leguminosa en etapa de crecimiento vigoroso pueden fijar mucho más nitrógeno - del que necesitan tanto los bacteroides como la leguminosa. - Gran parte de ese exceso de N_2 se torna disponible para otras plantas. (Agricultura de las Américas, Vol. 31, 1982).

Virtanen (1945) citado por Salle (1965), observó dos tipos de nódulos en plantas de guisantes; uno de ellos fijaba - activamente nitrógeno, y el otro no. Las plantas que contienen nódulos inactivos no crecían mejor que las de contraste, - no inoculadas. Según Virtanen, los nódulos inactivos conte - nían solamente bacilos rodeados de una capa glutinosa; los -- activos presentaban formas bacteroides visiblemente inchadas. A juicio de éste autor, la capa glutinosa en torno a los mi - croorganismos inactivos entorpecía su nutrición y la absor - ción de oxígeno.

Los nódulos radicales de plantas leguminosas que fijan--activamente nitrógeno contienen un pigmento rojo, mientras --que los nódulos inactivos carecen de pigmento. El pigmento --rojo se torna verde cuando cesa la fijación de nitrógeno en - plantas anuales, al final del desarrollo vegetativo, o cuando se colocan las plantas en la oscuridad durante unos días. Químicamente el pigmento rojo consiste en una hemoproteína con - bandas de absorción similares a las de la hemoglobina; Virtanen la denominó leghemoglobina.

Aunque no se ha aclarado cual es el papel que desempeña- la leghemoglobina en la fijación de nitrógeno, se ha propues- to la idea de que debe funcionar, manteniéndo la tensión de - oxígeno baja, que se requiere para la fijación de nitrógeno. Así mismo debido a su muy elevada afinidad para con el oxíge- no, la leghemoglobina permite que éste gas llegue rápidamente a los nódulos bacterianos de la raíz incluso en condiciones - de niveles muy bajos de oxígeno libre. (Goodwin y Mercer, --- 1973; citados por Devlin, 1980).

4.4.5 Factores que modifican la fijación de nitrógeno.

Los factores que modifican la fijación de nitrógeno se - pueden considerar de cuatro tipos: fisiológicos, físicos, biológico y nutricionales.

4.4.5.1 Factor fisiológico.

Un factor importante en la fijación de nitrógeno es la - relación carbón-nitrógeno en la planta. Cuando la fotosíntesis es lenta y regular, los nódulos tienen asegurado el suministro de hidratos de carbono, y si además hay una asociación simbiótica eficiente, el nitrógeno se fija a un ritmo que mantiene el equilibrio C:N.

Si la fotosíntesis se acelera, aumenta el suministro de hidratos de carbono, y en consecuencia, también la demanda de nitrógeno; si los carbohidratos descienden a un bajo nivel, o si hay fuentes externas de nitrógeno libremente asimilable, - la relación C:N se estrecha y el coeficiente de fijación cede e incluso puede cesar por completo.

Todos los factores que afectan el ritmo de la fotosíntesis, y por ello los hidratos de carbono, pueden incrementar - la fijación de nitrógeno. (Whyte, 1968).

4.4.5.2 Factores físicos.

Aire.- El libre acceso del aire tiene efecto benéfico - sobre la reproducción de las bacterias. Una buena estructura- del suelo es favorable para el establecimiento y desarrollo - de Rhizobium.

Existen algunas indicaciones de que el requerimiento de oxígeno no es el mismo para todos los tipos de Rhizobia. (Fe-

dorov y Lasko, 1956; Virtanen y Laine, 1945)¹. Estos dos últimos investigadores, afirman que no se forman en los nódulos - la leghemoglobina, cuando hay una carencia de oxígeno.

Eagle y Munding (1954)¹, encontraron un pobre crecimiento de leguminosas y un bajo contenido de leghemoglobina en -- los nódulos, cuando los suelos eran de textura fina.

Humedad del suelo.- Una humedad adecuada en el suelo, -- no solo es un factor importante en el buen desarrollo de las plantas superiores, sino también en la supervivencia de Rhizobium, tanto en el suelo como en la semilla inoculada. Se sabe que ésta bacteria es extremadamente sensible a la sequía; solamente unas cuantas células pueden sobrevivir cuando la mezcla del suelo contiene aire seco. En el otro extremo, un exceso de agua puede limitar la aireación y, por lo tanto, la supervivencia de las bacterias. La mezcla más favorable depende del tipo de suelo.

Generalizando, se puede decir que es deseable en el suelo un alto contenido de humedad, pero éste no debe llegar a - un estado de sobresaturación, para conseguir una máxima asimilación de nitrógeno.

En regiones áridas es recomendable infectar con cepas locales y no con cepas importadas. (Sánchez, 1964).

Luz.- Es necesario que exista un óptimo en la intensidad de luz para tener una máxima nodulación y por lo tanto, -fijación de nitrógeno. (Fred y colaboradores, 1934-1938; Bayu 1936-1939)¹

Un exceso de luz, induce una formación excesiva de carbohidratos y eso trae como consecuencia una disminución en la fijación de nitrógeno.

La propiedad de las leguminosas de desarrollar nódulos -en la oscuridad difiere en las diferentes especies. Si una --planta en proceso de nodulación es puesta en la oscuridad, la formación de nódulos cesa y los formados degeneran; la leghe-moglobina se destruye y da origen a pigmentos verdes.

Diener (1950)¹, hace notar que cuando la intensidad de la luz normal se reduce en un 50 %, hay una disminución en el número de nódulos de los guisantes; además, el tamaño de los nódulos se reduce notablemente.

La longitud del día puede efectuar la excreción de nitrógeno de los nódulos. (Strong y Trumble, 1939; Wilson y Wyss,- 1937; Wilson y Burton, 1938)¹.

Temperatura.- Fred y colaboradores (1934)¹, hicieron notar que los Rhizobia son muy resistentes a las bajas temperaturas, pero muy sensibles a las altas. En las regiones en que los suelos pueden alcanzar temperaturas de 50°C o más, éste -es un factor importante en la supervivencia de las bacterias,

tanto en el suelo como en la planta inoculada.

Otro efecto de las altas temperaturas es promover la desecación de la superficie del suelo en la cual actúan los Rhizobia.

De acuerdo con Gukova (1945)¹, una disminución de 5°C en la temperatura óptima del suelo, ocasiona una reducción de -- 4.5 % en la cantidad de nitrógeno fijado; en cambio, cuando se aumenta en 4°C, la fijación se reduce en un 50 %. Temperaturas abajo de 6.5°C no afectan el poder infectante. La temperatura óptima para el desarrollo y función de los Rhizobia -- está entre los 20 y 24°C.

Reacción del suelo.- La reacción del suelo es de gran -- importancia; no solo afecta el desarrollo de los Rhizobia y -- la producción de nódulos, sino también el crecimiento y la -- captación de nitrógeno por las plantas.

Los suelos ácidos generalmente causan deficiencias de elementos básicos como calcio, magnesio, potasio y frecuentemente fósforo y nitrógeno.

Pueden originar liberación de elementos tóxicos, como -- aluminio y manganeso y, además, aumentar la concentración de iones hidrógeno.

Una de las razones del pobre crecimiento de ciertas leguminosas en suelos ácidos, puede deberse a la reducida captación de molibdeno. (Sánchez, 1964).

En muchas de las leguminosas de importancia económica, -- la infección no ocurre por abajo de pH = 5.0 (Alexander, --- 1980).

4.4.5.3 Factores biológicos.

Microorganismos.- Varios microorganismos patógenos tales como hongos, bacteria y virus, pueden causar una considerable reducción en la fijación de nitrógeno.

También la competencia entre Rhizobia nativos y entre efectivos e infectivos. Además, los Rhizobia pueden ser eliminados por bacteriófagos..

Muchos organismos pueden ejercer una acción antagónica-- para Rhizobium, lo cual trae como consecuencia una disminución en la fijación de nitrógeno. (Allen y Allen, 1950)¹.

Plantas superiores.- La nodulación puede ser afectada -- por secreciones de la raíz de leguminosas o de otras especies de vegetales. (Nutman, 1953)¹.

Insectos.- Entre los insectos que pueden causar un efecto negativo en la fijación de nitrógeno, Sitonema linealus ocupa un lugar especial, pues sus larvas destruyen los nódulos de varias leguminosas. (Mulder, 1948)¹.

¹ Citados por Sánchez (1964).

4.4.5.4 Factores nutricionales.

Nitrógeno.

Alexander (1980), menciona que al realizarse adiciones de nitrógeno al suelo se reduce, tanto el peso como el número de nódulos en leguminosas.

Fontes citado por Carranza (1984), estudió los efectos de aplicación de nitrógeno, fósforo y calcio, en cultivares de frijol, encontró que cuando el nitrógeno no es aplicado la nodulación es mejor.

Una muy posible explicación a lo anterior es que la bacteria Rhizobium, utiliza diez veces más energía en fijar el nitrógeno atmosférico que tomarlo del suelo. (Garza, 1985).

Fósforo.

El fósforo desempeña un papel fundamental en un gran número de reacciones enzimáticas que dependen de la fosforilización. Es esencial para la división de las células y para el desarrollo de los tejidos meristemáticos. (Russell, 1968).

Diener (1950) citado por Sánchez (1964), observó que cuando los niveles de fósforo en el suelo son muy bajos los Rhizobium pueden penetrar en la raíz de las leguminosas, pero la infección se mantiene latente y los nódulos no se forman. Así como el fósforo estimula el desarrollo de las raíces, también aumenta la fijación de nitrógeno.

El fósforo desempeña también, sin duda, un papel importante en el mantenimiento de un alto nivel en la población rizobiana del suelo.

Potasio.

El potasio difiere del nitrógeno y del carbono en que no es un constituyente de la estructura de la planta, interviniendo únicamente en su metabolismo. Este elemento parece ser importante en la síntesis de los aminoácidos y proteínas a partir de los iones amonio, pues los tejidos de las plantas en soluciones con mucho amonio y poco potasio pueden morir por elevada concentración de iones amonio que acumulan en éstas condiciones. (Russell, 1968).

Robert y Olson (1942) citados por Sánchez (1964), encontraron que no había estimulación en la fijación de nitrógeno por el fósforo, si no existía en el suelo adecuada cantidad de potasio; otros investigadores, informan que el número de nódulos aumenta por la acción del potasio, pero no así el peso de los mismos.

Magnesio.

El magnesio es necesario en todas las plantas verdes, dado que es un constituyente de la clorofila. Parece que desempeña un papel importante en el transporte de fosfato en la planta. (Russell, 1968).

El magnesio desempeña un papel semejante al calcio, quizá en parte, porque el calcio se vuelve más asimilable en su presencia.

Calcio.

El calcio es importante para la nutrición de las leguminosas y para los rizobios. El calcio ejerce un efecto importante en la población rizobiana del suelo.

McCalla (1937) citado por Whyte (1968), demostró que la concentración del calcio asimilable tiene que ser relativamente alta si se quiere mantener activa la población rizobia-na. En un régimen pobre en calcio las bacterias adoptan una forma cromogénica anormal, que no les permite invadir la planta.

Cobre.

El cobre participa en varias funciones vitales, como la síntesis de la clorofila y ciertas reacciones productoras de energía, la respiración y la fotosíntesis. También en la permeabilidad de la membrana celular y en el proceso por el cual el nitrógeno en forma de nitratos es reducido a la forma amónica en las plantas. (Agriculturas de las Américas, 1980).

Hierro.

La necesidad del hierro queda justificada por su presencia en la leghemoglobina, que es esencial para la fijación simbiótica de nitrógeno. (Devlin, 1980).

Molibdeno.

El molibdeno se ha reconocido recientemente como necesario para el crecimiento de algunas plantas. El molibdeno parece ser un elemento esencial para la enzima que facilita la reducción de los nitratos. Las leguminosas son incapaces de fijar nitrógeno cuando escasea el molibdeno. (Russell, 1968).

El molibdeno se necesita en pequeñas cantidades para el proceso de fijación del nitrógeno. Según parece, el molibdeno desempeña un papel específico en el proceso, por lo que solo en parte puede ser sustituido por el vanadio. (Whyte, 1968).

Manganoso.

Puede comprobarse que el manganeso es un factor esencial para la respiración y el metabolismo del nitrógeno. En ambos procesos actúa como activador enzimático. (Devlin, 1980).

Cobalto.

Es una parte esencial de la vitamina B₁₂, un compuesto que posiblemente esté implicado en la formación de leghemoglobina. (Devlin, 1980).

Boro.

Es importante para regular el desarrollo de los tejidos-vasculares del nódulo, así como para la absorción de calcio y la translocación de los hidratos de carbono.

El contenido de boro de las leguminosas es muy alto en comparación con el de las no leguminosas, según Bertrand y Silverstein (1937) citados por Whyte (1968), es ocho veces más alto.

Sodio.

El sodio no parece ser un elemento esencial para ninguna especie; no obstante, ciertas especies se desarrollan indudablemente mejor en presencia de sodio utilizable, que en ausencia; en estos casos el sodio aparece cumpliendo algunas de las funciones que usualmente realiza el potasio. (Russell, 1968).

Azufre.

Participa en la estructura de las proteínas como parte integrante de los aminoácidos sulfurados: cistina, cisteína- y metionina. (Devlin, 1980).

OBJETIVOS E HIPOTESIS.

Objetivos:

- 1.- Probar la eficiencia de las cepas de Rhizobium phaseoli en base al rendimiento del cultivo del frijol bajo las condiciones de la zona.
- 2.- Probar la efectividad de las cepas en cuanto al porcentaje de nitrógeno fijado y disponible por ciclo.

Supuesto:

Tomando en cuenta que las bacterias Rhizobium phaseoli incrementan el rendimiento en el cultivo de frijol en base al nitrógeno atmosférico fijado, se plantea la siguiente hipótesis:

Ho: No hay diferencia entre los tratamientos en cuanto a las variables: peso de la planta, número de granos por planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de las vainas, peso de los granos, altura de la planta y porcentaje de nitrógeno de la parte aérea de la planta.

MATERIALES Y METODOS.

6.1 Localización del sitio experimental.

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo Verano-Otoño de 1985 en el campo agrícola experimental de la F.A.U.A.N.L., ubicado en el municipio de Marín, N.L.; cuyas coordenadas geográficas son 25° latitud Norte y $100^{\circ} 03'$ longitud Oeste, a una altitud de 367 metros S.N.M.M.

El campo experimental está ubicado a la altura del Km. 17 de la carretera Zuazua-Marín.

El clima predominante de la zona es semiárido, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen BS(h')hx'(e'), modificado por García (1973).

La temperatura promedio de la región es de 22°C , con una media anual máxima de 29°C y una mínima de 16°C . La precipitación pluvial es de 400-500 mm anuales.

Estos promedios fueron obtenidos de la estación meteorológica durante los siete años que cuenta de instalada en la facultad.

6.2 Descripción agronómica de la variedad "Delicias 71".

- Semilla obtenida por selección individual de la variedad comercial "Delicias 71".
- Hábito de crecimiento: semideterminado postrado (semiguía).

- Días a floración: 55.
- Ciclo vegetativo: 95-100 días en promedio.
- Densidad de siembra: 30 kg/ha.
- Color de la flor: Blanca.
- Color del grano: Café claro con manchas café oscuro.
- Resistente a tizón común y chicharrita.
- Peso de 100 semillas: 22 gr. volumen 20 cm³.
- Zonas del estado donde se siembra de riego: Montemorelos, - Gral. Terán, Cerralvo, Mina, Gral. Bravo, Zuazua, Marín.
- Zonas del estado donde se siembra de temporal: Salinas Victoria, Dr. González, Los Herrera, Anáhuac.
- Rendimiento:

Temporal 656 kg/ha. en promedio.

Riego 969 kg/ha. en promedio.

6.3 Características edáficas del terreno experimental.

Las características edáficas se muestran en el cuadro número 18.

6.4 Descripción del diseño experimental y tratamientos.

El diseño experimental fué un bloque completo al azar -- (DBCA), con seis tratamientos en cuatro repeticiones, con lo cual se generaron 24 unidades experimentales (U.E.).

Cada U.E. constaba de seis surcos a una distancia de 80 centímetros entre ellos. La longitud de las U.E. fué de 6 m. por 5 m. de ancho; con una separación entre U.E. de 3 m. (ver

apéndice).

Como parcela útil se eliminaron dos surcos de cada lado-
y también un metro por cabecera, quedándonos como parcela ú -
til los dos surcos centrales. De ésta parcela útil se tomaron
diez plantas como muestra de U.E.

El modelo empleado es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij} \quad i = 1, \dots, 6 \\ j = 1, \dots, 4$$

donde:

Y_{ij} = Es la variable bajo estudio.

μ = Es la media verdadera general.

T_i = Es el efecto verdadero del i -ésimo tratamiento.

B_j = Es el efecto verdadero del j -ésimo bloque.

E_{ij} = Es el error aleatorio asociado a la ij -ésima U.E., sur -
gen por el efecto conjunto de todos los factores no con -
trolados por el diseño y que causan heterogeneidad en -
las observaciones.

Los tratamientos fueron los siguientes:

T_1 = Testigo

T_2 = Cepa 14

T_3 = Cepa 131

T_4 = Cepa 138

T_5 = Cepa 167

T_6 = Cepa 171

6.5 Preparación del terreno.

Se realizó el barbecho un mes antes de la siembra, con el fin de voltear la tierra compactada, eliminar residuos de cosecha y malas hierbas, así como exponer las larvas o huevecillos de plagas a los rayos del sol.

Una semana antes a la siembra se pasó la rastra en forma cruzada para mullir bien el terreno y tener una cama de siembra adecuada. Dos días antes de la siembra se hizo el surcado del terreno así como las regaderas; el surcado fué hecho con tractor a una distancia de 80 cm.

6.6 Inoculación de la semilla.

La inoculación se realizó el mismo día de la siembra, ésta se llevó a cabo en el laboratorio para proteger a la semilla una vez inoculada de los rayos solares, con los que la inoculación perdería efectividad.

Para la inoculación se pesaron 1.3 kg. de semilla por -- gramo de cepa en un litro de agua, a lo cual se le agregó goma arábiga para que la cepa tuviera una mayor adherencia. La semilla se saca una vez que presente un aspecto de arrugamiento, es decir, que esté imbibida. Esto sucede alrededor de 7 u 8 minutos.

6.7 Siembra.

La variedad utilizada fué la "Delicias 71", se sembró -- en seco el día 9 de Agosto de 1985. La siembra se hizo a una distancia de 5 cm. en la costilla del surco y a una profundidad de 5 cm., depositándose 3 semillas por surco.

La semilla se consiguió en el Centro de Investigaciones-Agrícolas (C.I.A) de la Facultad. La semilla se protegió de los rayos solares con bolsas de papel. (se usó semilla mejorada).

6.8 Labores culturales.

A los 3 días de haber dado el primer riego se llevó a cabo un descostramiento para que no se tuvieran problemas en la emergencia, ya que es uno de los problemas que se tienen en la estación experimental.

El 12 de Septiembre se realizó el primer deshierbe con el fin de eliminar malas hierbas, y evitar de ésta forma, la competencia con el cultivo. El deshierbe se realizó a mano y con azadón.

Un segundo deshierbe se hizo el primero de Octubre, y se necesitó un tercer deshierbe el 18 de Octubre, día en que aparecieron las primeras vainas, para evitar problemas en el llenado de grano.

Se realizó un raleo de plantas para dejar establecido el cultivo a una distancia de 10 cm. óptima para frijol; eliminando las plantas más raquílicas, ésto se hizo el 4 de Octubre.

Se presentaron algunas plagas como mosquita blanca (Liriomyza sp.), Diabrotica sp.; entre las malezas encontradas -- están el quelite (Amaranthus sp.), correhuella (Ipomoea sp.), -trompillo (Solanum eleagnifolium), mala mujer (Solanum rostratum), zacate jhonson (Sorghum halepense), sorgo (Sorghum bicolor). También se presentaron problemas con antracnosis (Coleotrichum lindemuthianum), pero en general, no se tuvieron problemas considerables.

6.9 Riegos.

El día 10 de Agosto se realizó el primer riego, éste fué pesado debido a las condiciones secas del terreno y clima, -- así como la disponibilidad de agua.

Se dió un segundo riego el día 11 de Septiembre, éste se dió con la intención de que las plantas se desarrollaran fuertemente y se afianzaran al terreno.

Un tercer riego se realizó el día 12 de Octubre para que las flores amarraran bien, las cuales aparecieron el día 8 de Octubre.

6.10 Cosecha.

La cosecha se realizó el día 27 de Noviembre, muestreando 10 plantas de la parcela útil de cada U.E., las cuales fueron puestas en bolsas de papel, en éstas bolsas se marcó el número de planta, número de tratamiento y número de repetición. Fueron guardadas para su posterior análisis.

Para cosechar no se debe de esperar a que las plantas sequen completamente para evitar desgranes en el campo.

6.11 Muestreo de suelo.

Se hicieron muestreos de suelo antes de la siembra y después de la cosecha, ésto para tener una idea de la cantidad de nitrógeno que la bacteria puede fijar.

6.12 Variables estudiadas.

Para evaluar la mejor cepa se determinaron las siguientes características para cada planta.

- Peso de la planta
- Número de vainas por planta
- Número de granos por vaina
- Número de granos por planta
- Peso de las vainas
- Peso de los granos
- Altura de la planta
- Nitrógeno de la parte aérea (%).

RESULTADOS.

Los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo-de investigación son en base al análisis de varianza de cada-una de las variables bajo estudio.

Peso de la planta.

En esta variable estudiada no se reportó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos ni tampoco en -tre bloques, obteniéndose un C.V. de 17.32 % y una E.R. de --110.29 %.

Número de granos por planta.

En el análisis de varianza para esta variable no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa entre tratamien-tos ni tampoco entre bloques, resultando un C.V. de 8.14 % y-una E.R. de 110.09 %.

Número de vainas por planta.

Con respecto a esta variable no se presentó diferencia -estadísticamente significativa entre tratamientos ni en blo -ques, teniéndose un C.V. de 7.99 %, con una E.R. de 120.16 %.

Número de granos por vaina.

Refiriéndose a esta variable, en su análisis de varianza no se encontró diferencia estadísticamente significativa en -tre los tratamientos ni entre bloques, dando un C.V. de 3.65%

y una E.R. de 101.82 %.

Peso de las vainas.

En cuanto a esta variable, su análisis de varianza no reportó diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ni entre los bloques, resultando un C.V. de 17.27 % y una E.R. de 108.15 %.

Peso de los granos.

En el análisis de varianza para esta variable no se obtuvo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos ni entre bloques, dando un C.V. de 17.48 % y una E.R. de 104.0028 %.

Altura de la planta.

En esta variable el análisis de varianza no reveló diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ni entre bloques, obteniéndose un C.V. de 15.09 % y una E.R. de 101.01 %.

Porcentaje de nitrógeno.

Refiriéndose a esta variable, el análisis de varianza no presentó diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, pero si se reportó diferencia estadísticamente significativa entre bloques, obteniéndose un C.V. de 5.76 % y una E.R. de 141.89 %.

DISCUSIONES.

En base al efecto de los tratamientos no se encontró diferencia estadísticamente significativa, por lo cual se consideran iguales todos los tratamientos. Esto se puede atribuir a los siguientes factores:

Climáticos.

Como las cepas fueron obtenidas de Fertimex. de la Ciudad de México, donde las condiciones climáticas son diferentes a las condiciones donde se estableció el trabajo de investigación, dichas condiciones pudieron ser determinantes en la nodulación y por consiguiente en la fijación de nitrógeno.

Una de estas condiciones fué el reporte de altas temperaturas durante el ciclo del cultivo, con lo cual pudo no existir una buena nodulación.

Edáficos.

En cuanto a la textura esta resultó arcillosa, con lo cual es posible que no se haya presentado una buena aereación del suelo obteniéndose una pobre nodulación.

Aunque la temperatura del suelo no fué tomada durante el ciclo del cultivo, se registraron altas temperaturas ambientales lo cual pudo haber influido en la temperatura del suelo y por consiguiente en el desarrollo de la bacteria.

Con respecto al factor nutricional, no se realizó análisis del contenido de fósforo en el suelo, por lo cual pudo haber existido una pobre infección de la bacteria.

Refiriéndose a micronutrientes, no se efectuó un análisis de Co, Fe y Mo, esenciales para la fijación de nitrógeno; y como estos elementos son obtenidos por la bacteria de la planta en pequeñas cantidades, se puede asumir que no fué un factor limitante en la fijación de nitrógeno.

Como el pH obtenido fué de 8.3 se puede decir que no representa problema para que exista infección de la bacteria.

Bacteria.

Existe la posibilidad de que las bacterias no hayan presentado desarrollo, ya que no se realizó una prueba de viabilidad de las cepas, aún y cuando se encontraban dentro del límite permitido de viabilidad.

Otra causa que pudo haber influido en la infección y fijación de nitrógeno, es la presencia de cepas nativas en el suelo del sitio experimental; dichas cepas tienden a competir con las cepas utilizadas y no permiten un buen desarrollo de éstas, ya que por lo general son más competitivas.

Con respecto al rendimiento obtenido que fué de 2.0 toneladas por hectárea, y tomando como referencia los datos proporcionados por el proyecto de mejoramiento de frijol, maíz y sorgo de la F.A.U.A.N.L., en cuanto a la producción de frijol

bajo condiciones de riego en el estado de Nuevo León para --
1985 que reportó un promedio de 969 kg/ha. La diferencia tan-
marcada en el rendimiento se pudo haber atribuido al manejo -
del cultivo, ya que a nivel experimental se tiene un mejor --
control de factores limitantes en la producción de frijol; --
además de las labores culturales adecuadas.

CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos y en relación con los objetivos trazados en el presente trabajo, se derivan las siguientes conclusiones:

- 1.- Con respecto al primer objetivo planteado se puede concluir que estadísticamente las cepas probadas presentaron la misma eficiencia en cuanto al rendimiento, ya que no se presentó significancia en los tratamientos.
- 2.- Refiriéndose al segundo objetivo, se puede decir que si hubo efectividad de las cepas en cuanto a nitrógeno fijado y disponible para el ciclo siguiente. Esto nos demuestra que no hubo parasitismo por parte de las bacterias inoculadas.
- 3.- Las bacterias inoculadas de acuerdo a los resultados obtenidos de nitrógeno fijado no presentaron parasitismo, y de acuerdo a que las bacterias nativas son poco efectivas, se concluye con un alto grado de probabilidad que la fijación de nitrógeno fué dada por la bacteria inoculada.

RECOMENDACIONES.

- 1.- Probar las mismas cepas en la misma localidad, pero en -
diferente ciclo; además realizar el experimento en dife-
rentes localidades.
- 2.- Realizar una fumigación del suelo experimental para dis-
minuir la población de bacterias nativas, en caso de --
existir.
- 3.- Efectuar una prueba de viabilidad de las cepas para com-
probar si se encuentran dentro del rango permitido.
- 4.- Evitar llevar a cabo el experimento en sitios donde se -
tengan antecedentes de haber realizado prácticas de -
fertilización nitrogenada.
- 5.- Seguir realizando experimentos con otras cepas con la --
misma variedad y con otras variedades.
- 6.- Probar otros métodos de inoculación de la semilla.
- 7.- Aumentar el número de muestra de plantas de la parcela -
útil para que esta sea más representativa.

RESUMEN.

El presente trabajo se realizó dentro del campo experimental agrícola de la F.A.U.A.N.L. en el municipio de Marín, N.L. ciclo Verano-Otoño de 1985.

Los objetivos planteados fueron los siguientes:

- 1.- Probar la eficiencia de las cepas de Rhizobium phaseoli en base al rendimiento del cultivo del frijol bajo las condiciones de la zona.
- 2.- Probar la efectividad de las cepas en cuanto al porcentaje de nitrógeno fijado y disponible por ciclo.

Tomando en cuenta que las bacterias Rhizobium phaseoli incrementan el rendimiento en el cultivo de frijol en base al nitrógeno atmosférico fijado, se plantea la siguiente hipótesis:

H₀: No hay diferencia entre los tratamientos en cuanto a las variables: peso de la planta, número de granos por planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de las vainas, peso de los granos, altura de la planta y porcentaje de nitrógeno de la parte aérea de la planta.

En el experimento se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 6 tratamientos (5 cepas y un testigo) y 4 repeticiones generándose 24 U.E., de donde se muestraron 10 -- plantas por parcela útil de cada unidad experimental. De cada planta se determinaron las siguientes características:

- Peso de la planta.
- Número de granos por planta.
- Número de vainas por planta.
- Número de granos por vaina.
- Peso de las vainas.
- Peso de los granos.
- Altura de planta.
- Porcentaje de nitrógeno en la parte aérea.

Los análisis de varianza obtenidos no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos con respecto a las variables estudiadas.

Refiriéndose al segundo objetivo, se puede decir que si hubo efectividad de las cepas en cuanto a nitrógeno fijado y disponible para el ciclo siguiente.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Agricultura de las Américas. 1980. El Cobre. Vol. 29. --
p. 52.
- 2.- Agricultura de las Américas. 1981. El Calcio en la Agri-
cultura. Vol. 30. p. 16.
- 3.- Agricultura de las Américas. 1982. El Nitrógeno. Vol 31.
pp. 12, 13, 16, 18, 20.
- 4.- Alexander, M. 1980. Introducción a la Microbiología del-
Suelo. Editor S.A. México. pp. 241, 270, --
326, 328, 330-332, 334.
- 5.- Anónimo. 1982. Cultivos Básicos. Manuales para Educación
Agropecuaria. Editorial Trillas. México. --
pp. 22-23.
- 6.- Anónimo. 1961-1983. Resúmenes de Tesis de Maestría y Doc-
torado. Presentadas en el Centro de Edafolo-
gía, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- 7.- Bergey, S. 1975. Manual of Determinate Bacteriology. 7th
ed. The Williams and Wilkins Co. Baltimore,-
E.U.
- 8.- Bressani, R. 1965. Maíz, Frijol y Arroz, su valor nutri-
tivo y formas de mejorarlos. XI Reunión A --
nual del Programa Cooperativo Centroamerica-

- no para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Panamá. pp. 1-7.
- 9.- Brock, T.D. 1978. Biología de los Microorganismos. Editorial Omega. Barcelona, España. pp. 442-443.
- 10.- Buckman, H.O., Brady, N. 1977. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Ed. Tonsa. Barcelona, España. pp. 429-431.
- 11.- Burton, J.C. 1967. Rhizobium Culture and Use in Microbial Technology. Ed. H.J. Pepper. Reinhold Publishing Corporation. N.Y., U.S.A. pp. 19-20, 30.
- 12.- Burton, J.C., Allen, O.N. and Berger, B.C. 1952. The Prevalence of Strains of Rhizobium phaseoli in some Midwestern Soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. pp. 167-170.
- 13.- Carpenter, Ph.L. 1969. Microbiología. 2da. Edición. Ed. Interamericana. México. pp. 107-108, 130.
- 14.- Carranza, G. 1984. Inoculación de 17 cepas de Rhizobium phaseoli en tres variedades de frijol (phaseolus vulgaris). Bajo condiciones de invernadero. Tesis de Ing. Agr. Fitotecnista. --- F.A.U.A.N.L. en Marín, N.L.

- 15.- Crispín M., A., Miranda, C. 1979. El Frijol. 2a. Edición.
Editorial LIMUSA. México.
- 16.- Cuatle, F.E., Nuñez, E.R. y Valdes, R.M. 1981. Efecto de la fertilización, fumigación del suelo e inoculación con Rhizobium, sobre la nodulación, contenido de nitrógeno y rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris), en Chapingo, Méx. Agrociencia Méx. Resúmenes analíticos sobre frijol. Vol. III. No. 3. CIAT. p. 84.
- 17.- Chávez, A., Nuñez, R. y Echegaray, A. 1974-75. Influencia de la fertilización del suelo y manejo del inoculante sobre la nodulación y fijación de nitrógeno atmosférico por frijol inoculado con dos cepas de Rhizobium. Avances en la Enseñanza y la Investigación. C.P. Chapingo, Méx. pp. 114, 115.
- 18.- Devlin, M.R. 1979. Fisiología Vegetal. Ed. Omega. Barcelona, España.
- 19.- Engleman, E.M. 1979. Contribución al Conocimiento del Frijol en México. C.P. Chapingo, México --- pp. 83, 84.
- 20.- Ferrara C., R., Cuatle, E. y Aveldaño, R. 1979. Prueba - Internacional de cepas de Rhizobium para Frijol. Avances en la Enseñanza y la Investigación. C.P. Chapingo, Méx. pp. 273, 274.

- 21.- Francis, A.Ch. 1981. El cultivo del Frijol. Publicación la Hacienda. pp. 33, 34.
- 22.- Garza T. 1985. Evaluación de 6 métodos de aplicación de Rhizobium phaseoli en el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris), en Marín, N.L. Tesis de Ing. Agr. Fitotecnista. F.A.U.A.N.L.
- 23.- Guss, A., Dobereiner, J. 1972. Efeito da adubacao nitrogenada e da temperatura do solo na fixacao do nitrogenio em feijao. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. Resumenes Analiticos sobre - Frijol. pp. 87, 92.
- 24.- Huntington, T.G., et al. 1984. The response of Phaseolus vulgaris to inoculation with improved strains of Rhizobium phaseoli under two tillage-systems. Agronomy Abstracts. Annual Meetings. Las Vegas, Nevada. pp 187, 188.
- 25.- Khall, G.A., Ferrara C., R., y López, A.E. 1983. Ensayo-internacional de cepas de Rhizobium phaseoli en el cultivo del frijol, en el área de Chapingo, Méx. Revista Latinoamericana de Microbiología. Vol. 25. No. 1. p. 40.
- 26.- Lepiz, I.R., Navarro, S.J. 1983. Frijol en el noroeste de México. Tecnología de producción. Campo - Agrícola Experimental del Valle de Culiacan.

- INIA. Culiacán, Sinaloa, Méx. pp. 33-39.
- 27.- Martínez, J.J., García, D. y Nuñez, R. 1981. Respuesta--
de dos variedades de frijol a dos inoculan--
tes de Rhizobium y dosis de fertilización ni
trogenada. Avances en la Enseñanza y la In -
vestigación. C.P. Chapingo, Méx. p. 88.
- 28.- Mateo, B.J. 1961. Leguminosas de Grano. 1a. Ed. Edito --
rial Salvat, S.A. Barcelona, Esp. p. 550.
- 29.- Messiaen, C.M. 1979. Las Hortalizas. Técnicas Agrícolas-
y Producciones Tropicales. Editorial Blume.
Méx. 238-241.
- 30.- Meyer, S.B., Anderson, D.B. y Bohning, R.H. 1970. Intro-
ducción a la Fisiología Vegetal. 2a. Ed. --
EUDEBA. Argentina. pp. 370, 371.
- 31.- Miranda, C.S. 1967. Orígen de Phaseolus vulgaris. Agro--
ciencia. C.P., ENA. Chapingo, Méx. pp. 99-109.
- 32.- Mortensen, E., Bullard, E. 1975. Horticultura Tropical y
Subtropical. 3a. Ed. Editorial Pax-Méx. ---
pp. 82, 83.
- 33.- Pelczar, Jr., Reid, R.D. 1966. Microbiología. Ed. McGraw
Hill. New York. pp. 563, 564, 568.
- 34.- Piatkin, K. 1968. Microbiología. Editorial "MIR". Moscú.
pp. 131, 132.

- 35.- Quintero, M.J., Calzada, C. 1983. Efecto de la inoculación de frijol en zonas de temporal en Durango, Méx. Resumenes Analíticos sobre Frijol.- Vol. X. No. 2. CIAT. p. 178.
- 36.- Rojas G., M. 1972. Fisiología Vegetal Aplicada. 1a. Ed. Editorial McGraw-Hill. Méx, D.F. pp. 108-112.
- 37.- Russell, E.J. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Aguilar, S.A. de Ediciones. Madrid, Esp. pp. 35, 43, 47, 51,- 52, 60, 63, 377, 381, 383.
- 38.- Salle, A.J. 1965. Bacteriología. Editorial Gustavo Gili, S.A. Rosellón 87 y 89. Barcelona, España. -- pp. 696, 701.
- 39.- Sánchez, M.A. 1964. Microbiología Agrícola. ENA, C.P. -- Serie de Apuntes No. 3. Chapingo, Méx. pp. - 125-132.
- 40.- S.A.R.H. 1976. Catálogo de cultivos bajo riego en Méx. - Folleto de orientación Técnica III. México. pp. 79, 80.
- 41.- Schlegel, H.G. 1979. Microbiología general. Ediciones -- Omega, S.A. Barcelona, Esp. pp. 248-250, -- 277, 278, 305-307.

- 42.- Senez, J.C. 1976. Microbiología general. Editorial Alhambra, S.A. Madrid, España. p. 352.
- 43.- Steward, F.C. 1963. Plant Physiology III. Academic press. N.Y., U.S.A. pp. 713, 714.
- 44.- Teuscher, H., Adler, R. 1979. El Suelo y su Fertilidad.- Compañía Editorial Continental, S.A. México. pp. 238, 239.
- 45.- Tisdale, S.L., Nelson, W.L. 1982. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Ediciones UTHEA. Méx. pp. 151, 152.
- 46.- Valdes, M., Chessal, L. 1981. Selección de cepas de Rhizobium sp. En tres variedades de frijol. Departamento de Microbiología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. I.P.N. Revista Latinoamericana de Microbiología. Vol. 23. - pp. 49, 50.
- 47.- Ventacasamy, D.R., Peerally, M.A. 1984. Effects of certain environmental factors on nodulation and nitrogen fixation in Phaseolus vulgaris. -- School of Agriculture, Univ. of Mauritius. Resumenes Analíticos sobre Frijol. Vol. IX. No. 1. p. 93.

- 48.- Whyte, R.O., Trumble, H.C. 1968. Las Leguminosas en la –
Agricultura. F.A.O. Impreso en Yugoslavia. –
pp. 202-205.
- 49.- Wilkinson, J.F. 1976. Introducción a la Microbiología.
H. Blume Ediciones. Madrid, Esp. p. 151.

A P E N D I C E.

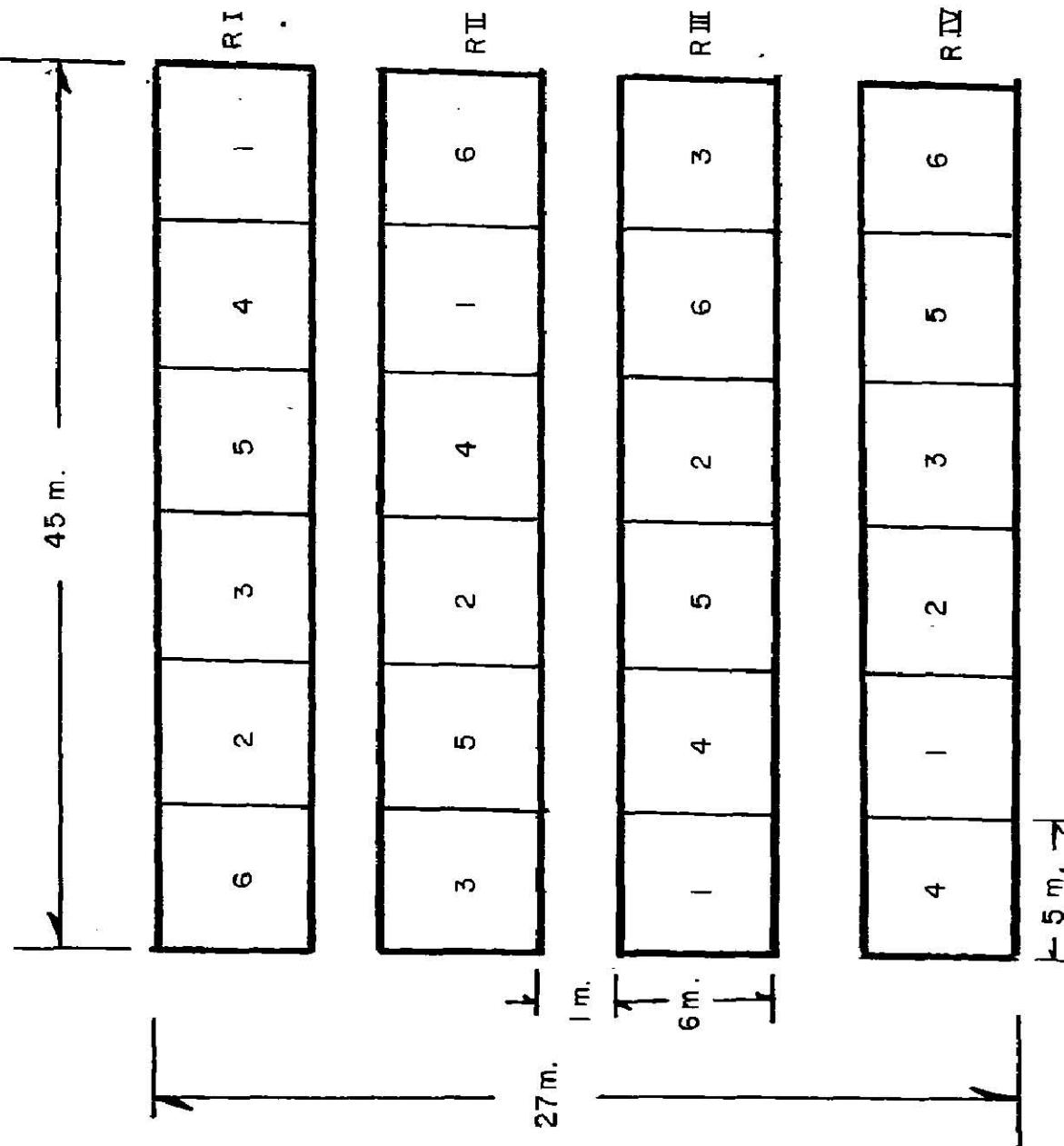


Figura 3. Distribución al azar de los tratamientos en el campo.
Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol. Marín, N.I. en el ciclo verano-otoño 1985.

Cuadro 2. Concentración de datos para peso de las plantas en gramos. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano-Otoño - de 1985.

Tratamiento.	REPETICIONES.				\bar{X} gr/p.
	I	II	III	IV	
1. Testigo.	40.21	26.20	31.71	22.73	30.21
2. Cepa 14.	43.63	39.87	42.51	25.04	37.76
3. Cepa 131.	44.73	36.00	39.30	25.98	36.50
4. Cepa 138.	41.70	48.89	48.04	40.87	44.87
5. Cepa 167.	36.24	40.39	27.81	43.04	36.87
6. Cepa 171.	42.70	53.29	39.17	37.43	43.14

Cuadro 3. Análisis de varianza para peso de planta en gramos. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad -- "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano-Otoño de -- 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Calc.	F. Teórica. 0.05-0.01
Bloque	3	252.754	84.251	1.917 n.s.	3.34-5.56
Tratamiento	5	522.093	104.419	2.375 n.s.	2.96-4.69
Error	14	615.418	43.958		
Total	22	1461.443			

C.V. = 17.32 %

n.s. = no significativo.

Cuadro 4. Concentración de datos para número de granos por planta. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris)-- variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano - Otoño de 1985.

Tratamiento.	REPETICIONES.				
	I	II	III	IV	X
1. Testigo.	106.90	77.60	93.00	67.00	86.12
2. Cepa 14.	121.10	106.90	122.00	81.90	107.97
3. Cepa 131.	130.20	102.40	93.90	77.30	100.95
4. Cepa 138.	122.70	138.40	130.00	116.80	126.97
5. Cepa 167.	106.70	123.30	80.10	122.50	108.15
6. Cepa 171.	116.20	155.60	116.60	112.22	125.15

Cuadro 5. Análisis de varianza para número de granos por planta. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano-Otoño de -- 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Calc.	F. Teórica. 0.05-0.01
Bloque	3	4.094	1.365	1.902 n.s.	3.34-5.56
Tratamiento	5	10.334	2.067	2.881 n.s.	2.96-4.69
Error	14	10.045	0.718		
Total	22	25.696			

C.V. = 8.14 %

n.s. = no significativo.

Cuadro 6. Concentración de datos para número de vainas por -- planta. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano-Otoño - de 1985.

Tratamiento.	REPETICIONES.				
	I	II	III	IV	\bar{X}
1. Testigo.	24.60	20.60	24.40	16.20	21.45
2. Cepa 14.	28.90	31.00	27.50	19.20	26.65
3. Cepa 131.	28.00	21.40	28.10	16.80	23.57
4. Cepa 138.	29.70	31.20	34.60	26.10	30.40
5. Cepa 167.	24.20	29.20	17.70	26.90	24.50
6. Cepa 171.	30.80	35.30	25.70	24.90	29.17

Cuadro 7. Análisis de varianza para número de vainas por plan ta. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano-Otoño de -- 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Calc.	F. Teórica. 0.05-0.01
Bloque	3	1.361	0.454	2.652 n.s.	3.34-5.56
Tratamiento	5	2.088	0.418	2.442 n.s.	2.96-4.69
Error	14	2.395	0.171		
Total	22	6.186			

C.V. = 7.99 %

n.s. = no significativo.

Cuadro 8. Concentración de datos para número de granos por vaina. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano-Otoño de 1985.

Tratamiento.	REPETICIONES.				
	I	II	III	IV	\bar{X}
1. Testigo.	4.30	3.90	4.00	4.30	4.12
2. Cepa 14.	4.30	3.50	4.40	4.20	4.10
3. Cepa 131.	4.70	4.50	3.30	4.70	4.30
4. Cepa 138.	4.10	4.30	3.90	4.60	4.22
5. Cepa 167.	4.60	4.30	4.40	4.60	4.47
6. Cepa 171.	3.80	4.30	4.50	4.51	4.27

Cuadro 9. Análisis de varianza para número de granos por vaina. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano-Otoño de 1985.

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	F.Calc.	F. Teórica. 0.05-0.01
Bloque	3	0.026	0.009	1.159 n.s.	3.34-5.56
Tratamiento	5	0.018	0.004	0.477 n.s.	2.96-4.69
Error	14	0.103	0.007		
Total	22	0.146			

C.V. = 3.65 %

n.s. = no significativo.

Cuadro 10. Concentración de datos para peso de las vainas en gramos. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano-Otoño - de 1985.

Tratamiento.	REPETICIONES.				\bar{X} gr/p.
	I	II	III	IV	
1. Testigo.	29.59	20.02	23.78	17.36	22.68
2. Cepa 14.	33.99	30.81	29.42	20.40	28.65
3. Cepa 131.	34.41	27.09	25.65	20.27	26.85
4. Cepa 138.	30.60	37.04	37.56	32.84	34.51
5. Cepa 167.	28.63	31.87	20.44	33.73	28.66
6. Cepa 171.	33.97	40.98	29.88	30.47	33.82

Cuadro 11. Análisis de varianza para peso de las vainas en gramos. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris)-- variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano-- Otoño de 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Calc.	F. Teórica. 0.05-0.01
Bloque	3	133.600	44.533	1.757 n.s.	3.34-5.56
Tratamiento	5	366.648	73.330	2.893 n.s.	2.96-4.69
Error	14	354.904	25.350		
Total	22	894.146			

C.V. = 17.27 %

n.s. = no significativo.

Cuadro 12. Concentración de datos para peso de los granos en gramos. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) - variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano - Otoño de 1985.

Tratamiento.	REPETICIONES.				\bar{x} gr/p.
	I	II	III	IV	
1. Testigo.	22.78	15.44	18.24	13.42	17.47
2. Cepa 14.	26.26	22.94	23.12	16.13	22.11
3. Cepa 131.	26.83	21.32	18.97	16.86	20.99
4. Cepa 138.	23.87	28.74	28.60	26.23	26.86
5. Cepa 167.	22.23	25.03	16.03	26.59	22.47
6. Cepa 171.	25.38	32.64	23.39	24.28	26.42

Cuadro 13. Análisis de varianza para peso de los granos en gramos. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) - variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano - Otoño de 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Calc.	F. Teórica. 0.05-0.01
Bloque	3	68.067	22.689	1.446 n.s.	3.34-5.56
Tratamiento	5	230.888	46.178	2.943 n.s.	2.96-4.69
Error	14	219.658	15.690		
Total	22	538.582			

C.V. = 17.48 %

n.s. = no significativo.

Cuadro 14. Concentración de datos para altura de la planta en centímetros. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo -- Verano-Otoño de 1985.

Tratamiento.	REPETICIONES.				\bar{X} cm/p.
	I	II	III	IV	
1. Testigo.	55.70	50.00	55.60	39.70	50.25
2. Cepa 14.	55.40	51.90	54.70	35.10	49.27
3. Cepa 131.	57.40	51.60	50.00	47.20	51.55
4. Cepa 138.	55.90	57.30	60.10	58.10	57.85
5. Cepa 167.	54.70	54.10	40.20	70.00	54.75
6. Cepa 171.	50.20	52.60	49.20	47.04	49.76

Cuadro 15. Análisis de varianza para altura de la planta en centímetros. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71". Marín, N.L. Ciclo Verano-Otoño de 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Calc.	F. Teórica. 0.05-0.01
Bloque	3	81.296	27.099	0.432 n.s.	3.34-5.56
Tratamiento	5	221.200	44.240	0.705 n.s.	2.96-4.69
Error	14	878.739	62.767		
Total	22	1170.292			

C.V. = 15.09 %

n.s. = no significativo.

Cuadro 16. Concentración de datos para porcentaje de nitrógeno en la parte aérea de la planta. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71" Marín, N.L. Ciclo Verano-Otoño de 1985.

Tratamiento.	REPETICIONES.				
	I	II	III	IV	\bar{X}
1. Testigo.	1.876	1.862	1.666	1.624	1.757
2. Cepa 14.	1.890	1.820	1.904	1.526	1.785
3. Cepa 131.	2.422	1.918	1.834	1.610	1.946
4. Cepa 138.	1.736	2.128	1.512	1.666	1.760
5. Cepa 167.	1.694	1.680	1.778	1.414	1.641
6. Cepa 171.	2.170	1.820	1.596	1.862	1.862

Cuadro 17. Análisis de varianza para porcentaje de nitrógeno-de la parte aérea de la planta. Evaluación de 5 cepas de Rhizobium phaseoli en rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris) variedad "Delicias 71". Marín N.L. Ciclo Verano-Otoño de 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Calc.	F. Teórica. 0.05-0.01
Bloque	3	3.392	1.131	4.399 *	3.29-5.42
Tratamiento	5	1.633	0.327	1.270 n.s.	2.90-4.56
Error	15	3.856	0.257		
Total	23	8.880			

C.V. = 5.76 %

* = significativo

n.s. = no significativo.

Cuadro 18. Características edáficas promedio del suelo experimental.

DETERMINACION	ANALISIS	CLASIFICACION AGRONOMICA
COLOR DEL SUELO (Escala Munsell)	SECO 6/3 10 y R HUMEDO 4/3 10 y R	CAFE PALIDO CAFE OSCURO
REACCION (Relación suelo-agua 1 : 2)	pH = 8.3	MODERADAMENTE ALCALINO
TEXTURA (Método del Hidrómetro)	ARENA 35.88 % LIMO 15.28 % ARCILLA 48.84 %	ARCILLOSO
MATERIA ORGANICA (Método Walkley-Black)	0.86 %	POBRE
NITROGENO TOTAL (Método Kjeldahl)	0.0430 %	EXTREMADAMENTE POBRE
SALES SOLUBLES TOTALES (Puente Wheatstone)	C.E. 1.025 mmhos/cm a 25°C	NO SALINO

Cuadro 19. Temperaturas máximas, mínimas y media ($^{\circ}\text{C}$) registradas durante el desarrollo del experimento. Obtenidas de la estación meteorológica de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Marín, N.L. 1985.

Mes	TEMPERATURAS ($^{\circ}\text{C}$).		
	Máxima	Mínima	Media
Agosto	36.6	23.6	30.1
Septiembre	34.1	23.5	28.8
Octubre	29.5	19.5	25.0
Noviembre	25.5	16.5	21.0

Cuadro 20. Precipitación registrada (mm) durante el desarrollo del experimento. Obtenidas de la estación meteorológica de la F.A.U.A.N.L. Marín, N.L. 1985.

Mes.	pp. (mm).
Agosto	28.1
Septiembre	118.9
Octubre	113.6
Noviembre	5.3

Cuadro 21. Evaporación registrada (mm) durante el desarrollo del experimento. Obtenidas de la estación meteorológica de la F.A.U.A.N.L. Marín, N.L. 1985.

Evaporación.	
Mes.	(mm).
Agosto	281.71
Septiembre	205.00
Octubre	144.00
Noviembre	84.85

DETERMINACION DE NITROGENO DE LA PLANTA.

Peso de la planta X % N del tejido + 100 = N. de la planta.
(gr.)

R _I T ₁	40.21	X	1.876	+ 100 = 0.7543 g. de N/p.	
R _I T ₂	43.63	X	1.890	+ 100 = 0.8246 "	
R _I T ₃	44.73	X	2.422	+ 100 = 1.0833 "	
R _I T ₄	41.70	X	1.736	+ 100 = 0.7239 "	
R _I T ₅	36.24	X	1.694	+ 100 = 0.6139 "	
R _I T ₆	42.70	X	2.170	+ 100 = 0.9265 "	
R _{II} T ₁	26.20	X	1.862	+ 100 = 0.4878 "	
R _{II} T ₂	39.87	X	1.820	+ 100 = 0.7256 "	
R _{II} T ₃	36.00	X	1.918	+ 100 = 0.6904 "	
R _{II} T ₄	48.89	X	2.128	+ 100 = 1.0403 "	
R _{II} T ₅	40.39	X	1.680	+ 100 = 0.6785 "	
R _{II} T ₆	53.29	X	1.820	+ 100 = 0.9698 "	
R _{III} T ₁	31.71	X	1.666	+ 100 = 0.5282 "	
R _{III} T ₂	42.51	X	1.904	+ 100 = 0.8093 "	
R _{III} T ₃	39.30	X	1.834	+ 100 = 0.7207 "	
R _{III} T ₄	48.04	X	1.512	+ 100 = 0.7564 "	
R _{III} T ₅	27.81	X	1.778	+ 100 = 0.4944 "	
R _{III} T ₆	39.17	X	1.596	+ 100 = 0.6251 "	

Peso de la planta X % N del tejido + 100 = N. de la planta.
 (gr.)

$R_{IV}T_1$	22.73	X	1.624	+ 100 = 0.3691 g. de N/p.
$R_{IV}T_2$	25.04	X	1.526	+ 100 = 0.3821 " "
$R_{IV}T_3$	25.98	X	1.610	+ 100 = 0.4182 "
$R_{IV}T_4$	40.87	X	1.666	+ 100 = 0.6808 "
$R_{IV}T_5$	43.04	X	1.414	+ 100 = 0.6085 "
$R_{IV}T_6$	37.43	X	1.862	+ 100 = 0.6969 "

CALCULO DEL NITROGENO CONSUMIDO POR LA PLANTA DEL SUELO.

$$R_I = 0.05335 \text{ \%} \quad T_1 = 0.0223 \text{ \%}$$

$$R_{II} = 0.043 \quad \% \qquad T_2 = 0.043 \quad \%$$

$$R_{III} = 0.0499 \% \quad T_3 = 0.02575 \%$$

$$R_{IV} = 0.02575 \text{ \%} \quad T_4 = 0.03265 \text{ \%}$$

$$T_5 = 0.0499 \%$$

$$T_6 = 0.04645 \%$$

五

$$R_1 T_1 = 0.05335 - 0.0223 = 0.03105 + 0.043 = 0.07405$$

$$R_1 T_2 \quad 0.05335 - 0.043 = 0.01035 + 0.043 = 0.05335$$

$$R_{T_3} = 0.05335 - 0.02575 = 0.0276 + 0.043 = 0.0706$$

$$R_{T_4} = 0.05335 - 0.03265 = 0.0207 + 0.043 = 0.0637$$

$$R_{IT_5} \quad 0.05335 - 0.0499 = 0.00345 + 0.043 = 0.04645$$

$$R_{IT_6} = 0.05335 - 0.04645 = 0.0069 + 0.043 = 0.0499$$

$$R_{II} T_1 \quad 0.043 \quad - \quad 0.0223 \quad = \quad 0.0207 \quad + \quad 0.043 \quad = \quad 0.0637$$

$$R_{II} T_2 \quad 0.043 \quad - \quad 0.043 \quad = \quad 0.00 \quad + \quad 0.043 \quad = \quad 0.043$$

$$R_{II} T_3 \quad 0.043 \quad - \quad 0.02575 \quad = \quad 0.01725 \quad + \quad 0.043 \quad = \quad 0.06025$$

$$R_{II} T_4 \quad 0.043 \quad - \quad 0.03265 \quad = \quad 0.01035 \quad + \quad 0.043 \quad = \quad 0.05335$$

$$R_{II}T_5 \quad 0.043 \quad - \quad 0.0499 \quad = \quad -0.0069 \quad + \quad 0.043 \quad = \quad 0.0361$$

$$R_{IJ}T_6 \quad 0.043 \quad - \quad 0.04645 \quad = \quad -0.00345 \quad + \quad 0.043 \quad = \quad 0.0395$$

							*
$R_{III}^T_1$	0.0499	-	0.0223	=	0.0276	+ 0.043	= 0.0706
$R_{III}^T_2$	0.0499	-	0.043	=	0.0069	+ 0.043	= 0.0499
$R_{III}^T_3$	0.0499	-	0.02575	=	0.02415	+ 0.043	= 0.06715
$R_{III}^T_4$	0.0499	-	0.03265	=	0.01725	+ 0.043	= 0.06025
$R_{III}^T_5$	0.0499	-	0.0499	=	0.00	+ 0.043	= 0.043
$R_{III}^T_6$	0.0499	-	0.04645	=	0.00345	+ 0.043	= 0.04645
$R_{IV}^T_1$	0.02575	-	0.0223	=	0.00345	+ 0.043	= 0.04645
$R_{IV}^T_2$	0.02575	-	0.043	=	-0.01725	+ 0.043	= 0.02575
$R_{IV}^T_3$	0.02575	-	0.02575	=	0.00	+ 0.043	= 0.043
$R_{IV}^T_4$	0.02575	-	0.03265	=	-0.0069	+ 0.043	= 0.0361
$R_{IV}^T_5$	0.02575	-	0.0499	=	-0.02415	+ 0.043	= 0.01885
$R_{IV}^T_6$	0.02575	-	0.04645	=	-0.0207	+ 0.043	= 0.0223

* Factor de Corrección (F.C.) = 0.043 %

Es debido a la fluctuación del contenido de nitrógeno en el suelo.

CALCULO DEL NITROGENO FIJADO POR LA PLANTA.

Nitrógeno de la planta - Nitrógeno consumido = Nitrógeno
 (gr/p) por la planta (gr) fijado

$R_{I T_1}$	0.7543	-	0.000558	= 0.753742
$R_{I T_2}$	0.8246	-	0.000439	= 0.824161
$R_{I T_3}$	1.0833	-	0.000765	= 1.082535
$R_{I T_4}$	0.7239	-	0.000461	= 0.723439
$R_{I T_5}$	0.6139	-	0.000285	= 0.613615
$R_{I T_6}$	0.9265	-	0.000462	= 0.926038
$R_{II T_1}$	0.4878	-	0.000311	= 0.487489
$R_{II T_2}$	0.7256	-	0.000312	= 0.725288
$R_{II T_3}$	0.6904	-	0.000416	= 0.689984
$R_{II T_4}$	1.0403	-	0.000555	= 1.039745
$R_{II T_5}$	0.6785	-	0.000245	= 0.678255
$R_{II T_6}$	0.9698	-	0.000383	= 0.969417
$R_{III T_1}$	0.5282	-	0.000373	= 0.527827
$R_{III T_2}$	0.8093	-	0.000404	= 0.808896
$R_{III T_3}$	0.7207	-	0.000484	= 0.720216
$R_{III T_4}$	0.7564	-	0.000456	= 0.755944
$R_{III T_5}$	0.4944	-	0.000212	= 0.494188
$R_{III T_6}$	0.6251	-	0.000290	= 0.624810

Nitrógeno de la planta - Nitrógeno consumido = Nitrógeno
 (gr/p) por la planta (gr) fijado

$R_{IV}^{T_1}$	0.3691	-	0.000171	= 0.368929
$R_{IV}^{T_2}$	0.3821	-	0.000098	= 0.382002
$R_{IV}^{T_3}$	0.4182	-	0.000180	= 0.418020
$R_{IV}^{T_4}$	0.6808	-	0.000246	= 0.680554
$R_{IV}^{T_5}$	0.6085	-	0.000115	= 0.608385
$R_{IV}^{T_6}$	0.6969	-	0.000155	= 0.696745

R = Repetición

T = Tratamiento

DETERMINACION DEL NITROGENO TOTAL ACUMULADO.

Cuadro 22. Concentración de datos para nitrógeno fijado.

Tratamiento.	REPETICIONES.				Total.
	I	II	III	IV	
1. Testigo.	0.753742	0.487489	0.527827	0.368929	2.137987
2. Cepa 14.	0.824161	0.725288	0.808896	0.382002	2.740347
3. " 131.	1.082535	0.689984	0.720216	0.418020	2.910755
4. " 138.	0.723439	1.039745	0.755944	0.680554	3.199682
5. " 167.	0.613615	0.678255	0.494188	0.608385	2.394443
6. " 171.	0.926038	0.969417	0.624810	0.696745	3.217010
					16.600224

Tratamiento.	\bar{X} (gr/p).
1. Testigo.	0.5344967
2. Cepa 14.	0.6850867
3. " 131.	0.7276887
4. " 138.	0.7999205
5. " 167.	0.5986107
6. " 171.	0.8042525

Del nitrógeno total acumulado por cada uno de los tratamientos, el 2 % va a quedar disponible para el siguiente ciclo.

Fe de Erratas.

- La variedad utilizada en el experimento -
fué selección 4 de "Delicias 71".
- Pág. 48, renglón 4 del primer párrafo al-
final, en lugar de surco es punto.
- Pág. 69, fig. 3. Distribución de los tra-
tamientos completamente al azar dentro de
cada bloque en el campo experimental.

