

6356.

Planta: 04726. 481

Ampliado VAVT (KUBA)

UNIVERSIDAD INCCA DE COLOMBIA

Investigaciones Complejas Interdisciplinarias con y para la Clase Obrera el Campesinado y las capas Medias Urbanas y Rurales, sobre la realidad Colombiana para el diseño de un modelo de la Sociedad Socialista en Colombia.

Primer Plan Cuatrienal 1.976 - 1.980

PROYECTO ESPECIFICO DE INVESTIGACION

Tema General Crítica de la Formación Económica Social Colombiana. Primera Fase. Análisis de la Explotación-Capitalista en Colombia.

Tema Particular Naturaleza y carácter de las Relaciones de Explotación Capitalista en "El Sector Agrario" en Colombia y su incidencia sobre los intereses de la Clase Obrera, el Campesinado y las Capas Medias Urbanas y Rurales.

Tema Especifico Titulo: Evaluación de efectos de rendimientos económicos sociales y nutricionales del Haba (Vicia faba) mediante la inoculación de semillas con bacterias nitrificantes (Rhizobium leguminosarum) y su contribución en la solución de problemas alimenticios de la población Colombiana.

Entrega Final del Informe Sobre la Investigación

Facultad : Docencia.

Escuela : Química y Biología.

Centro : Estudios Agrarios. Código 2215

Hoyos Pinilla Ana Patricia 10710 I-76

Rodríguez Fernandez Cilia 11846 I-76

Salja Peñáez Alfredo 12751 II-76

FEM-4614

CDU
BT

Bogotá, D. E. Enero 28, 1982

INDICE GENERAL

	Página
PRIMERA PARTE - RESUMEN.....	25
SEGUNDA PARTE - DESARROLLO.....	29
<u>CAPITULO 0 INTRODUCCION</u>	
00 TEMA, PROBLEMA, OBJETIVO, HIPOTESIS, DELIMI TACION Y BASES METODOLOGICAS DE LA INVES - TIGACION.....	30
01 TEMA.....	33
010 <u>Tema Específico</u>	33
02 PROBLEMA.....	33
020 <u>Problema Específico</u>	33
03 OBJETIVO.....	33
030 <u>Objetivo Específico</u>	33
04 HIPOTESIS.....	34
040 <u>Hipótesis Específica</u>	34
05 DELIMITACION Y BASES METODOLOGICAS DE LA INVESTIGACION.....	35
50 <u>Delimitación de la Investigación</u>	35
CITAS.....	37
BIBLIOGRAFIA.....	38

	Página
<u>CAPITULO I REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	
10	CLASIFICACION BOTANICA DEL HABA..... 39
100	<u>Origen y Distribución Geográfica del Haba</u> 39
101	<u>Descripción de la Planta de Haba</u> 40
102	<u>Valor Nutritivo del Haba y su Utilización</u> 41
103	<u>Adaptación del Haba</u> 44
103.0	<u>Clima</u> 44
103.1	<u>Suelos</u> 44
103.2	<u>Época de Siembra</u> 44
103.3	<u>Siembra</u> 45
103.4	<u>Abonamiento</u> 45
103.5	<u>Plagas y Enfermedades</u> 45
103.6	<u>Producción de Semillas de Leguminosas</u> 46
11	CLASIFICACION TAXONOMICA DE LA BACTERIA.... 49
110	<u>Características de las Bacterias</u> 49
110.0	<u>Tipos de Células Microbianas: Procariotas y Eucario - tas.....</u> 49
12	NUTRIENTES 56
120	<u>Acción de los Nutrientes</u> 57
120.0	<u>Macronutrientes o Macroelementos</u> 57
120.1	<u>Microelementos o Elementos Traza</u> 60
120.2	<u>El pH del Suelo y su Regulación con los Nutrimientos de las Plantas</u> 69

13	CICLO DEL NITROGENO.....	70
130	<u>Fijación de Nitrógeno</u>	74
130.1	<u>Fisiología y Bioquímica de la Fijación Simbiótica de Nitrógeno por las Leguminosas</u>	81
14	MEDIOS DE CULTIVO	92
140	<u>Cultivos de Agar</u>	92
140.0	<u>Medios Definidos</u>	93
141	<u>Recuentos en Cajas de Petri</u>	94
15	TECNICAS ESPECIALES PARA ESTUDIAR LA INTERACCION PLANTA RHIZOBIUM.....	96
150	<u>Ensayos a Campo</u>	99
150.1	<u>Selección del Lugar</u>	99
150.2	<u>Procedimientos Experimentales</u>	99
150.3	<u>Aplicación de Fertilizantes</u>	100
150.4	<u>Inoculación</u>	101
150.5	<u>Evaluación</u>	101
150.6	<u>Respuesta a la Inoculación a Campo</u>	102
150.7	<u>Aplicaciones de Nitrógeno</u>	104
150.8	<u>Observaciones y Recolección</u>	105
16	LA PRODUCCION, CONTROL Y USO DE INOCULANTES PARA LEGUMINOSAS.....	106
160	<u>Forma y Producción de Cultivos</u>	107

		Página
160.1	<u>Inoculantes de Cepas Múltiples</u>	108
160.2	<u>Cultivos sobre Agar</u>	110
160.3	<u>Desarrollo en Caldo</u>	111
17	FACTORES QUE AFECTAN LA NODULACION Y LA FIJACION DE NITROGENO.....	111
18	ASPECTOS NUTRICIONALES DE LA POBLA -- CION.....	113
180	<u>Consumo Nacional de Alimentos</u>	115
180.1	<u>Consumo por Productos y Regiones</u>	115
181	<u>Estado Nutricional de la Población</u>	121
	CITAS.....	151
	BIBLIOGRAFIA	156
<u>CAPITULO 2 - MATERIALES Y METODOS</u>		
20	MATERIALES	138
200	<u>Equipo</u>	142
202	<u>Material de Campo</u>	142
203	<u>Material Vegetal</u>	142
203.0	<u>Semilla de Haba</u>	142
204	<u>Bacterias Nitrificantes</u>	142
204.0	<u>Rhizobium Leguminosarum</u>	142

	Página
205	<u>Medios de cultivo</u> 142
205.0	<u>Medio Byma</u> 142
21	MÉTODOS 143
210	<u>Situación Experimental</u> 143
211	<u>Sorteo y Plano</u> 143
212	<u>Selección y Conteo</u> 143
213	<u>Delimitación del Campo</u> 143
214	<u>Tiquetes</u> 144
215	<u>Preparación del Suelo</u> 144
216	<u>Esterilización de Materiales</u> 144
217	<u>Obtención de Cepas</u> 145
218	<u>Preparación de Inóculo y Conteo de Células</u> 145
219	<u>Inoculación de la Semilla</u> 151
220	<u>Siembra</u> 153
221	<u>Control de Maleza</u> 153
222	<u>Control de Plagas y Abonamiento</u> 155
223	<u>Germinación, Floración, Fructificación, Cosecha</u> ... 155
224	<u>Cosecha</u> 157
	CITAS 162
	BIBLIOGRAFIA 163

	Página
<u>CAPITULO 3 - RESULTADOS Y DISCUSION</u>	164
30 <u>Análisis de Suelo</u>	165
31 CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LA PLANTA	167
32 EVALUACION DEL RENDIMIENTO DEL HABA	167
320 <u>Nodulación</u>	167
321 <u>Contenido de Nitrógeno</u>	174
CITAS	204
BIBLIOGRAFÍA	205
<u>CAPITULO 4 - CONCLUSIONES</u>	206
<u>TERCERA PARTE ANEXOS</u>	211

INDICE DE TABLAS

		Página
TABLA 1.	Costos de Producción por Hectárea Haba.....	47
TABLA 2.	Consumo Nacional de Alimentos por Productos y Grupo de Productos 1/ Año 1976.....	124
TABLA 3.	Número de Defunciones por Grupos de Edad se- gún Resumen Nacional Causa y Sexo 1979.....	125
TABLA 4.	Producto: Leguminosas	126
TABLA 5.	Precio Promedio Mensual de Venta de Mayoris- ta- Detallista	127
TABLA 6.	Medio Byma para Cultivo de Bacterias.....	158
TABLA 7.	Cantidad Media de Bacterias Obtenidas por cua- drados en el Recuento de Rhizobios.....	159
TABLA 8.	Peso de Semillas Seleccionadas.....	160
TABLA 9.	Dosis de Inóculo	161
TABLA 10.	Número de Nódulos	185
TABLA 11.	Peso Seco de la Parte Aérea	186
TABLA 12.	Características Morfológicas de la Planta	187
TABLA 13.	Contenido de Nitrógeno Total	188
TABLA 14.	Evaluación de Rendimientos, Número de Vainas Verdes Dosis Aplicada	189

Página

TABLA 15.	Evaluación de Rendimientos. Número de Vainas Verdes.....
TABLA 16.	Evaluación de Rendimientos. Peso en kilogramos VS Dosis Aplicada.....
TABLA 17.	Evaluación de Rendimientos. Peso en kilogramos.....
TABLA 18.	Evaluación de Rendimientos. Número de vainas Verdes VS Cepa
TABLA 19.	Evaluación de Rendimientos. Número de Vainas Verdes
TABLA 20.	Evaluación de Rendimientos. Peso en kilogramos VS Cepa
TABLA 21.	Evaluación de Rendimientos. Peso en kilogramos
TABLA 22.	Evaluación de Rendimientos. Número de vainas verdes VS Terreno
TABLA 23.	Evaluación de Rendimientos. Número de Vainas Verdes.....
TABLA 24.	Evaluación de Rendimientos. Peso en kilogramos VS Terreno

TABLA 25.	Evaluación de Rendimientos. Peso en kilogramos. Análisis de Varianza
-----------	--

INDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1. Contenido Protéico ²³ en Habas. Grano Verde	
CUADRO 2. Análisis de Suelo	

INDICE DE GRAFICAS

	Página
GRAFICA 1.	Haba Verde Abastecimiento
GRAFICA 2.	Variación Estacional de los Precios del Haba Verde en el Período 1976-1980
GRAFICA 3.	Precio Promedio Mensual de Venta de Mayorista a Detallista, Haba Verde.....
GRAFICA 4.	Comparación entre las necesidades y la Disponibilidad Bruta de Alimentos para Consumo Humano en Colombia
GRAFICA 5.	Rendimiento del Vicia faba Expresado en Vainas Verdes por Terreno
GRAFICA 6.	Rendimiento del Vicia faba Expresado en Kilogramos de Peso de Vainas Verdes por Terreno.....
GRAFICA 7.	Comparación del Tamaño y Número de Flores en Vicia faba según la Fuente de Nitrógeno ...
GRAFICA 8.	Comparación del Número de Nódulos en Raíces de Vicia faba Según la Fuente de Nitrógeno....
GRAFICA 9.	Comparación del Peso Seco en Gramos de la Parte Aérea de Vicia faba según la Fuente de Nitrógeno.....

- GRAFICA 10. Porcentaje Total de Nitrógeno Contenido en la
planta según la Fuente de Nitrógeno.....
- GRAFICA 11. Rendimiento de Vainas Verdes de Vicia faba
según la Fuente de Nitrógeno.

INDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1.	Ciclo del Nitrógeno
FIGURA 2.	Mecanismo de la Fijación Biológica de Ni - trógeno
FIGURA 3.	Plano del Terreno

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Página

FOTO 1.	Preparación de Suelo
FOTO 2.	Cepas de Rhizobios
FOTO 3.	Inóculo
FOTO 4.	Inoculación de la Semilla
FOTO 5.	Fumigación
FOTO 6.	Características Morfológicas de la Planta...
FOTO 7.	Respuesta de la Raíz debida a la Nodulación Efectiva.....
FOTO 8.	Localización y Forma de los Nódulos.....
FOTO 9.	Diferente Respuesta de el Fruto debido a la Nodulación Efectiva.....
FOTO 10.	Corte de un Nódulo Mostrando los Bacteroides.....
FOTO 11.	Respuesta de la Planta de Haba: Inoculada con Cepa Efectiva.
FOTO 12.	Respuesta de la Planta de Haba: Testigo con Nitrato.....
FOTO 13.	Respuesta de la Planta de Haba: Testigo sin Inocular
FOTO 14.	Cosecha.....

GLOSARIO

AGAR : Sustancia gelatinosa que se obtiene principalmente de ciertas especies de algas rojas.

AMINOACIDOS : Uno de los bloques de construcción de las proteínas .

ANTAGONISMO : Contrariedad , oposición sustancia.

BACTERIA : Nombre común para la clase de los esquizomicetos.

BACTEROIDE : Transformación de una bacteria para llevar a cabo la fijación de nitrógeno.

CEPA : Parte del tronco del vegetal que está dentro de la tierra y y unida a las raíces.

CROMOSOMA : Grupo de cuerpos nucleares que contienen genes y que en gran parte, son los responsables de la diferenciación y la actividad de una célula.

ELONGACION : Alargamiento accidental de un miembro o de un nervio.

ENZIMA : Proteína de composición química compleja, producida en las células vivas y que , incluso en concentraciones muy bajas acelera algunas reacciones químicas; pero no se utiliza en ellas.

EXCIPIENTE : Sustancia que sirve para incorporar, dar forma.

FOSFATO : Sal del ácido fosfórico.

INOCULAR : Comunicar o infundir en germen vivo o un virus cualquiera.

ION : Cada uno de los elementos de la descomposición electrolítica, los cuales reciben especialmente el nombre de aniones o de cationes- según se dirijan al ánodo o al cátodo.

LATENTE : Oculto, escondido.

LEGUMBRE : Todo género de fruto o semilla que se cria en vainas.

LIPIDOS : Cualquiera de un grupo de compuestos grasos o similares - a ellos, insolubles en agua y solubles en solventes grasos.

MACRONUTRIENTES : Elemento esencial que requieren las plantas en - cantidades bastante grandes.

MICRONUTRIENTES : Elemento esencial que requieren las plantas en - cantidades relativamente pequeñas.

MOLECULA : Unidad de materia, la porción menor de un elemento o - compuesto que retiene identidad química con la sustancia de la - masa, la molécula consiste en la unión de 2 o más átomos.

MORBILIDAD ; Número proporcional de personas que enferman en población y tiempo determinados.

OXIDO : Cuerpo resultante de la combinación del oxígeno con un metal, o con un radical.

POLISACARIDOS : Moléculas de cadena larga, compuestas de unidades (monómeros) de un azúcar.

PROTEINA : Sustancias orgánicas complejas, naturales, compuestas de aminoácidos que se asocian para formar placas, espirales o cadenas submicroscópicas.

REDUCCION : Cualquier reducción química que implica la eliminación de oxígeno o la adición de hidrógeno o un electron a una sustancia; se requiere energía, que puede almacenarse en el proceso, como en la fotosíntesis.

SIMBIOSIS : Asociación de dos tipos diferentes de organismos vivos que proporcionan beneficios a ambos.

SOLARIO; Local o establecimiento propio para tomar baños de sol.

SULFATO : Sal del ácido sulfúrico.

TETRAPLOIDE : Que tiene cuatro conjuntos de cromosomas por núcleo.

TURBA : Cualquier masa de material vegetal semicarbonizado, formado mediante la descomposición parcial en agua.

VITAMINAS : Sustancias orgánicas naturales, parecidas a las enzimas, - que se necesitan en cantidades pequeñas para el metabolismo normal de plantas y animales.

LISTA DE ABREVIATURAS UTILIZADAS

3

ADN	:	Acido Dexoxirribonucleico.
ATP	:	Adenosin Trifosfato.
cc	:	Centímetros Cúbicos.
° C	:	Grados Centígrados.
Cls/gr	:	Células por gramo.
cms	:	Centímetros.
Cund	:	Candinamarca.
gr	:	Gramos.
ha	:	Hectarea.
I	:	Yodo.
K	:	Potasio.
Kg	:	Kilogramos.
m	:	metro
ml	:	mililitros.
N ₂	:	Nitrógeno atmosférico.
Na	:	Sodio.
NADPH	:	Fosfato de dinucleótido de nicotinamida adenina.
ppm	:	Partes por millón.
Se	:	Selenio.

PRIMERA PARTE - RESUMEN

RESUMEN

1. Se estudió en el campo, la inoculación de semillas de haba - (Vicia faba), con bacterias nitrificantes (Rhizobium leguminosarum).
2. Para la inoculación de semillas se utilizaron 3 cepas de Rhizobios y 3 dosis, un control con nitratos y un testigo sin inocular.
3. Las cepas de Rhizobios utilizadas fueron aisladas por la Dra. Yolanda de Navarro, Bioquímica de la Universidad Nacional.
4. La Investigación se realizó en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) , Centro Experimental Tibaitatá, Laboratorio de biología de UNINCCA, sección de Bioquímica de la Universidad Nacional y en el Centro de Cómputo de la Universidad de los Andes.
5. El haba (Vicia faba) pertenece a la familia Leguminosae, variedad ICA TEUSACA, selección 44.
6. La variedad de haba estudiada produce vainas más grandes, su altura promedio es de 1.10 metros, los granos contienen 27% de proteína.

7. El Rhizobium leguminosarum pertenece al reino Procaryotae y a la división bacterias.
8. El Rhizobium leguminosarum pertenece a los gérmenes simbióticos fijadores de nitrógeno y viven en las leguminosas.
9. La simbiosis Leguminosa-Rhizobium es específica para cada hospedero y determinada especie de Rhizobium.
10. Las especies de Rhizobium se diferencian especialmente por las leguminosas que infectan.
11. En la interacción Leguminosa-Rhizobium se distingue una fase de pre-infección, una de elaboración de nódulos y una intracelular que incluye la fijación de nitrógeno en sí.
12. Para mantener la bacteria se utilizó el medio sólido Byma.
13. Las variables de repuesta utilizadas para medir la fijación simbiótica de nitrógeno fueron: materia seca de las plantas, masa de nódulos y nitrógeno absorbido por la planta.
14. Los resultados del experimento, permitieron comprobar la efectividad del Rhizobium.
15. La cepa haba B con dosis 5×10^9 fué la más efectiva.

16. Los testigos presentaron un comportamiento pobre mientras que el control con nitratos reportó el esperado.
17. Se analizaron datos sobre la situación nutricional de Colombia y el mundo.
18. Con la inoculación de semillas, se logró una fijación de nitrógeno que representa un sustituto importante de fertilizantes nitrogenados.
19. La inoculación de semillas conlleva a una reducción en los costos de producción de leguminosas.
20. En general, el incremento en la producción de vainas verdes por parcela se debió a que el *Rhizobium*, en sus diferentes dosis y cepas fué altamente efectivo, contribuyendo de ésta forma a plantear una técnica que aplicada adecuadamente podría ayudar a solucionar en parte el problema nutricional, social y económico de la población Colombiana.

SEGUNDA PARTE- DESARROLLO

CAPITULO 0 INTRODUCCION

00 INTRODUCCION

En base al materialismo científico es sabido que la investigación científica es una práctica apoyada en la experiencia personal y colectiva, incorporando tanto los principios y supuestos básicos del método como el conjunto de conocimientos sistematizados o teorías existentes en el sector de la realidad natural o social hacia la cual nos dirigimos.

El presente trabajo experimental pretende incrementar el rendimiento del haba (Vicia faba) ICA TEUSACA selección 44 como contribución a la solución del problema nutricional, social y económico.

La disponibilidad de N_2 es una de las limitaciones críticas en el desarrollo y productividad de un cultivo; a pesar de que el nitrógeno constituye casi el 80% de la atmósfera terrestre, no es aprovechable en forma directa por las plantas. Únicamente se incorporará a los sistemas biológicos cuando se fija en forma industrial lo cual resulta muy costoso o biológicamente mediante la conversión del nitrógeno atmosférico en una forma

asimilable por la planta (1).

El nitrógeno se encuentra en abundancia en forma elemental en la atmósfera, pero la mayoría de las plantas no pueden utilizarlo y dependen solamente de las cantidades presentes en el suelo.

Las leguminosas en asociación con las bacterias del género *Rhizobium* tienen la facultad de utilizar el nitrógeno atmosférico viviendo en simbiosis, en la que las bacterias reciben nutrientes necesarios y las leguminosas obtienen aminoácidos con los que sintetizan sus proteínas.

La información sobre la contribución de las leguminosas en la economía del nitrógeno en el sistema suelo planta es escasa, especialmente en condiciones tropicales. La cantidad de nitrógeno fijado es muy variada y depende del tipo de leguminosa, de las condiciones del suelo y de la eficiencia fijadora del *Rhizobium*. Existe una influencia diferencial del ambiente físico, químico y biológico, tanto en la nodulación como en la fijación-simbiótica del nitrógeno (2).

Para la preparación de inoculantes con *Rhizobium* sp. es necesario utilizar un material excipiente que mantenga viable al microorganismo. Con éste propósito se han utilizado muchas sustancias seleccionándose el medio líquido Byma (3) para nuestro caso específico de inoculación.

Aunque los efectos de inoculantes efectivos, pueden reflejarse en diversos aspectos de calidad y cantidad de la cosecha de las leguminosas, es típica la evaluación de los inoculantes con cepas de *Rhizobium* directamente mediante su efecto en el contenido de nitrógeno en la planta. El procedimiento se basa en determinación de nitrógeno total en la planta, en sus expresiones de contenido total y porcentajes, asociado éste último al peso seco de la planta analizada. Otras variables de respuesta son: masa, posición y número de nódulos.

A través de lo experimentado es de esperar que la inoculación de la semilla con bacterias nitrificantes conduzca a un incremento de 15-25% de rendimiento en la producción de haba (*Vicia faba*). Considerando éste proceso de enorme interés desde el punto de vista científico como en sus aplicaciones prácticas,

01 TEMA

010 Tema Específico

Evaluación de efectos de rendimientos económicos, sociales y nutricionales del haba (Vicia faba) mediante la inoculación de semillas con bacterias nitrificantes (Rhizobium leguminosarum) y su contribución en la solución de problemas alimenticios de la población Colombiana.

02 PROBLEMA

020 Problema Específico

Siendo el haba (Vicia faba) un alimento de consumo popular en Colombia y en otros países, se hace necesario establecer técnicas que permitan incrementar el porcentaje de nitrógeno protéico, lo cual contribuye al mejoramiento de la calidad nutricional de la alimentación del pueblo Colombiano.

03 OBJETIVO

030 Objetivo Específico

- Verificar la efectividad del Rhizobium en cuanto a fijación -

de nitrógeno a través de las diferentes cepas y dosis.

- Aumentar el rendimiento y calidad del haba en la producción de vainas verdes por parcela mediante la inoculación de la semilla con bacterias nitrificantes.
- Analizar los datos sobre la situación nutricional de Colombia y del mundo en relación con la calidad protéica de los alimentos consumidos y la importancia de mejorar el contenido de nitrógeno en ellos.

04 HIPOTESIS

040 Hipótesis Específica

- Si el Rhizobium leguminosarum es efectivo, conducirá a un incremento del 15-25% de rendimiento en la producción del haba (Vicia faba), contribuyendo así en la solución al problema económico, social y nutricional de la población Colombiana.
- El Rhizobium leguminosarum no tiene efectos sobre el rendimiento del haba (Vicia faba).

05 DELIMITACION Y BASES METODOLOGICAS DE LA INVESTIGACION.

050 Delimitación de la Investigación

En el trabajo experimental se emplean 3 cepas de Rhizobium leguminosarum, haba \square , haba B y B^o las cuales se mantienen en un cuarto de incubación durante 8 días a 25°C para su replicación.

La inoculación de semillas de haba (Vicia faba) se realiza en caldos de medio Bynna, el cual se reparte en 9 frascos grandes y se incuba a 25°C durante 24 horas.

La siembra se realiza en tres terrenos de 18 m x 18 m localizados en el ICA Centro Experimental Tibaitatá, de donde se recogerán los diferentes datos, a partir de los cuales se realizarán los análisis estadísticos por computador IBM-1620, 40K; lo que permitirá determinar la dosis y la cepa más efectiva en el incremento en la producción de haba (Vicia faba).

En el desarrollo de la parte experimental de la investigación se tendrán en cuenta las sugerencias y aportes hechos por la Dra Yolanda de Navarro (Bioquímica de la Universidad Nacio

nal) y el Dr Fernando Munevar (Director de la Sección de -
suelos del ICA- Tibaitatá) sobre Rhizobiología, además de -
las dadas por los asesores de tesis.

CITAS

- 1/ AYALA, B. Luis. Proyección Agronómica de Algunos Aspectos de la Rhizobiología, Rev Aica, V 13, Costa Rica, 1976, p. 3.
- 2/ Ibid., p. 3.
- 3/ VINCENT, J. M. Manual Práctico de Rhizobiología, Buenos Aires, - 1975, p. 4.

BIBLIOGRAFIA

BRIONES, Guillermo. *Formulación de problemas de Investigación*, edición Unesco, Bogotá, 1975, pp. 9-55.

QUIJANO . Caballero Jaime. *Llamamiento patriótico y Declaración Inaugural*, publicaciones UNINCCA-ICI . Nos, septiembre 1976, pp. 5-32.

_____, *Primer Instructivo de la DGTI sobre Tesis Integradas*, (TJ), - 1976, pp. 1-31.

_____, *UNINCCA: Universidad Integrada, Matriz Experimental de la Universidad de Nuevo Tipo*, Ediciones UNINCCA, 1978, pp. 5-110.

CAPITULO I REVISION BIBLIOGRAFICA10 CLASIFICACION BOTANICA DEL HABA (1)

Reino	:	Vegetal
Subreino	:	Embriofitas
Subdivisión	:	Fanerogamas
Clase	:	Dicotyledoneae
Subclase	:	Archichlamydae
Orden	:	Rosales
Familia	:	Leguminosae
Subfamilia	:	Papilionaceae
Género	:	<u>Vicia</u>
Especie	:	<u>Faba</u>

100 Origen y Distribución Geográfica del Haba

De acuerdo a algunos autores, el haba tiene su origen en Asia, más concretamente sobre las orillas meridionales del mar Caspio; otros dicen que procede de África dando como su cuna a Egipto. (2).

El haba se cultiva en la mayor parte del trópico y subtropical. Se dice que es una leguminosa de temporada fría, se

cultiva en período invernal, época más seca en las regiones sub-tropicales y a grandes altitudes en los trópicos. En las regiones templadas se puede sembrar en invierno o en primavera, de acuerdo a la variedad.

Los principales productores en el mundo son: Egipto, Etiopía-Marruecos, Tunes, Turquía, Brasil, Ecuador, Perú, México, Italia, España, República Popular China y Reino Unido (3), (4).

101 Descripción de la Planta de Haba

El haba es una planta herbácea, erguida, anual, de un solo tallo, sin zarcillos, que alcanza una altura de 0,5 a 2,0 metros, con uno o varios ramos basales. Produce muchas hojas con 2 a 6 folíolos oblongos o elípticos, casi siempre alternos, apiculados, generalmente de 5 a 6 cm. de largo y 1 a 2 cm. de ancho. El tallo tiene 4 aristas algo alargadas, es fuerte y hueco, de superficie pilosa.

Las flores, en número de 2 a 6, localizadas en las axilas de las hojas sobre cortos pedúnculos; blancas, con manchas oscuras en los pétalos laterales, a los que comúnmente se llaman alas.

El fruto es una legumbre, al principio erectas y más tarde pendientes, con una longitud que oscila entre 4 y 30 centímetros y contienen, generalmente, de 2 a 6 semillas, cada una. Hay grandes variaciones en cuanto al tamaño y forma de las semillas, estas varían con las variedades cultivadas, se pueden obtener de 1.100 a 6.500 semillas por kilogramo, el color de éstas puede ser amarillo, castaño, verde, rojizo o casi negro.

El número de cromosomas : $2n = 12$

Especie predominante autógama. (5).

CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD ICA-TEUSACA.

Es una variedad más precoz que otras variedades cultivadas en Colombia, y de rendimientos superiores a los obtenidos con las variedades tradicionales. Esta variedad produce vainas más grandes y con número promedio de granos por fruto de 4 a 5. La altura promedio de las plantas es de 1.10 metros. Los granos son de color oscuro con 27% de proteína.
(6).

Valor Nutritivo del Haba y su Utilización.

El haba es una valiosa fuente de proteínas, de ahí la importancia en la alimentación de muchas personas del trópico y sub-

trópico, donde puede ser limitada la proteína animal. El haba tiene en promedio 25% de proteína, 58% de carbohidratos, 15% a 20% de grasas y alrededor de 3% de minerales.

La proteína del haba es algo deficiente en aminoácidos esenciales, como metionina y cistina, pero relativamente rica en lisina, la cual suele ser deficiente en los cereales de granos los cuales sí son ricos en los dos anteriores aminoácidos.

El valor del haba como alimento para humanos es aún mayor por su rico contenido de fósforo y calcio y riqueza en vitaminas, mayor que en los cereales. (7).

En análisis de muestras efectuados en Tibaitatá, indican que algunas variedades de habas contienen de 18 a 26 por ciento de proteína en grano seco. (8).

El haba se cultiva por sus frutos (legumbres) que pueden comerse cocidos en estado verde o también sus granos secos.

El haba seca puede usarse igualmente para alimentar a los animales, e incluso a rumiantes, cerdos y aves de corral.

Por otra parte, la leguminosa en estudio se considera como cultivo mejorador del suelo, principalmente por el incremento

del nitrógeno residual que queda en el suelo después de su cultivo.

103 Adaptación de la Haba

103.0 Clima

El haba es sensible a altas temperaturas, en especial en la fase de floración, las cuales provocan la caída de botones florales. Prospera bien en el clima frío que es característico de los meses de invierno y primavera de los trópicos, si se siembra al iniciar la época fría, cuando empiezan las lluvias. El éxito de la producción del haba requiere un ajuste cuidadoso del cultivo a las condiciones climáticas.

103.1 Suelos

Las habas se adaptan bien a los distintos terrenos, desarrollándose mejor en suelos ricos en potasa y cal. El cultivo, en general, prefiere suelos entre moderados y buenos, bien drenados y de textura mediana.

103.2 Epoca de Siembra

Las habas se siembran a fines de febrero, o a fines de sep-

tiembre. Si se dispone de riego artificial se puede sembrar en cualquier época del año debido a su resistencia a las heladas.

103.3 Siembra

El terreno se ara y se rastrilla como para el cultivo de papa o maíz. Los granos se siembran en surcos distanciados de 0.90 a 1.00 metro.

Entre mata y mata se dejan 40 centímetros.

Conviene depositar de 2 a 3 granos en cada sitio.

Al mes de sembradas las semillas se hace el primer desyerbe y un ligero aporque. A los tres meses se hace un segundo desyerbe y un aporque más alto.

103.4 Abonamiento

La clase y cantidad de abono para el cultivo de habas, depende del análisis del suelo. Sin embargo, una aplicación de 500 kilogramos de 10-30-10 por hectárea, se traduce en buenos rendimientos en los suelos orgánicos de las zonas frías. Si el suelo es muy ácido conviene encalarlo previamente.

103.5 Plagas y Enfermedades

Las enfermedades que atacan el cultivo de las habas son:

"Minador" o "toston" de las hojas, Liriomyza Fabae el cual se controla con aplicaciones quincenales de pertane o ekatín en dosis de 2 a 5 cc por litro; "barrenador del tallo", Melanogramyza sp. se sugiere la aplicación de insecticida sistemático cuando la planta tenga de 4 a 6 hojas. Dentro de las enfermedades tenemos: "mancha de chocolate" causada por Botrytis sp. la cual se controla con orhozide o benlate en dosis de 30 granos por cada 20 litros de agua. "La pudrición radicular" causada por Aseochita fabae. (9).

103.6

Producción de semillas de leguminosas

En la producción de semillas de leguminosas varias de las características botánicas de ellas son una ventaja o una calamidad.

El crecimiento de las leguminosas es por lo general, indeterminado, es decir, continúa el crecimiento de las yemas terminales y axilares, al mismo tiempo que están en progreso tanto la floración como la formación de la semilla. En consecuencia en la parte que en el ápice aún hay formación de flores nuevas.

La decisión de cosecha es siempre arbitraria; retardando demasiado el corte puede haber pérdida de semillas por desgrano o puede ocurrir deterioración, si el corte es temprano se obten-

TABLA 1. COSTOS DE PRODUCCION POR HECTAREA : HABA

COSTOS DIRECTOS		
1.	Preparación de tierra:	
1.1	Arar y rastrillar : 2 horas máquina para arada y 2 horas máquina para rastrillada a \$ 1,000 hora-máquina.	\$ 4.000,00
2	Fertilización	
2.1	Valor de 200 de 10-30-10 a \$ 1.220,0 bulto de 50 Kg.....	\$ 4.880,00
2.2	Aplicación del fertilizante 3 jornales a \$ 250,00...	\$ 750,00
3	Siembra	
3.1	Valor de 50 Kg de semilla a \$ 29/Kilo.....	\$ 1.450,00
3.2	Siembra, 12 jornales a \$ 250,00.....	\$ 3.000,00
4	Control de Malesas y Uso de Pesticidas	
4.1	2 desyerbas, 10 jornales c/u \$ 250,00.....	\$ 5.000,00
4.2	Valor de pesticidas promedio 3 aplicaciones.....	\$ 1.770,70
4.3	Aplicación de la mezcla de pesticidas, 2 jornales - a \$ 250,00, 6 en total.....	\$ 1.500,00
5	Cosecha	
5.1	Recolección, 20 jornales a \$ 250,00.....	\$ 5.000,00
5.2	Trillada, 8 jornales a \$ 250.....	\$ 2.000,00
5.3	Valor de 32 costales a \$ 20 c/u.....	\$ 640,00
5.4	Transporte interno % 10,00 carga sobre producción esperada.....	\$ 400,00
	SUB - TOTAL.....	\$30.390,70
COSTOS INDIRECTOS		
6	Arriendo de tierra por semestre	\$ 2.250,00
7	Administración y asistencia técnica (5% de costos directos).....	\$ 1.519,50
8	Intereses sobre capital invertido (18% anual durante 6 meses).....	\$ 2.735,50
	SUB-TOTAL.....	\$ 6.504,66
	COSTO TOTAL POR HECTAREA.....	\$36.895,36

PRODUCCION ESPERADA 2.000 Kg/ha.

drá cosecha es siempre arbitraria; retardando demasiado el corte puede haber pérdida de semillas por desgrano o puede ocurrir deterioración, si el corte es temprano se obtendrá una cantidad excesiva de semilla verde chupada sin llegar aún a su debida madurez fisiológica.

Hodson y Blackman (1956) reportan que es de interés tener en cuenta la densidad de siembra en haba (*Vicia-faba*) ellos consideraron un rango de 11 a 67 plantas por metro cuadrado, encontrando que la producción de semillas tendía a ser máxima con 35 a 45 plantas por metro cuadrado, en el haba tipo invierno y una más alta densidad para la tipo primavera. El número de flores por planta dependía más del número de inflorescencias que de el número de flores por inflorescencia. Con el incremento de la población disminuía el número de nudos que apoyaban las inflorescencias, particularmente en la parte superior del retoño. El número de flores que formaron vainas maduras fué muy pequeño (9%-14%).

El primer efecto del incremento de la densidad fué bajo, el número de nudos de la mitad más baja de los tallos, los cuales producían vainas maduras. (10).

Para determinada densidad, alteraciones en la distancia entre hileras tuvo poca influencia sobre el desarrollo de las plantas. (11), (12).

11 CLASIFICACION TAXONOMICA DE LA BACTERIA

Los sistemas de clasificación más utilizados en Estados Unidos y en muchas otras partes del mundo, todos los organismos procariotas se incluyen en un reino separado Procaryotae. Este consiste en dos divisiones: División I, las cianobacterias (algas azul-verdosas) División II, las bacterias. (13).

Reino	:	Procaryotae
División	:	Bacterias
Género	:	<u>Rhizobium</u>
Especie	:	<u>Leguminosarum</u>

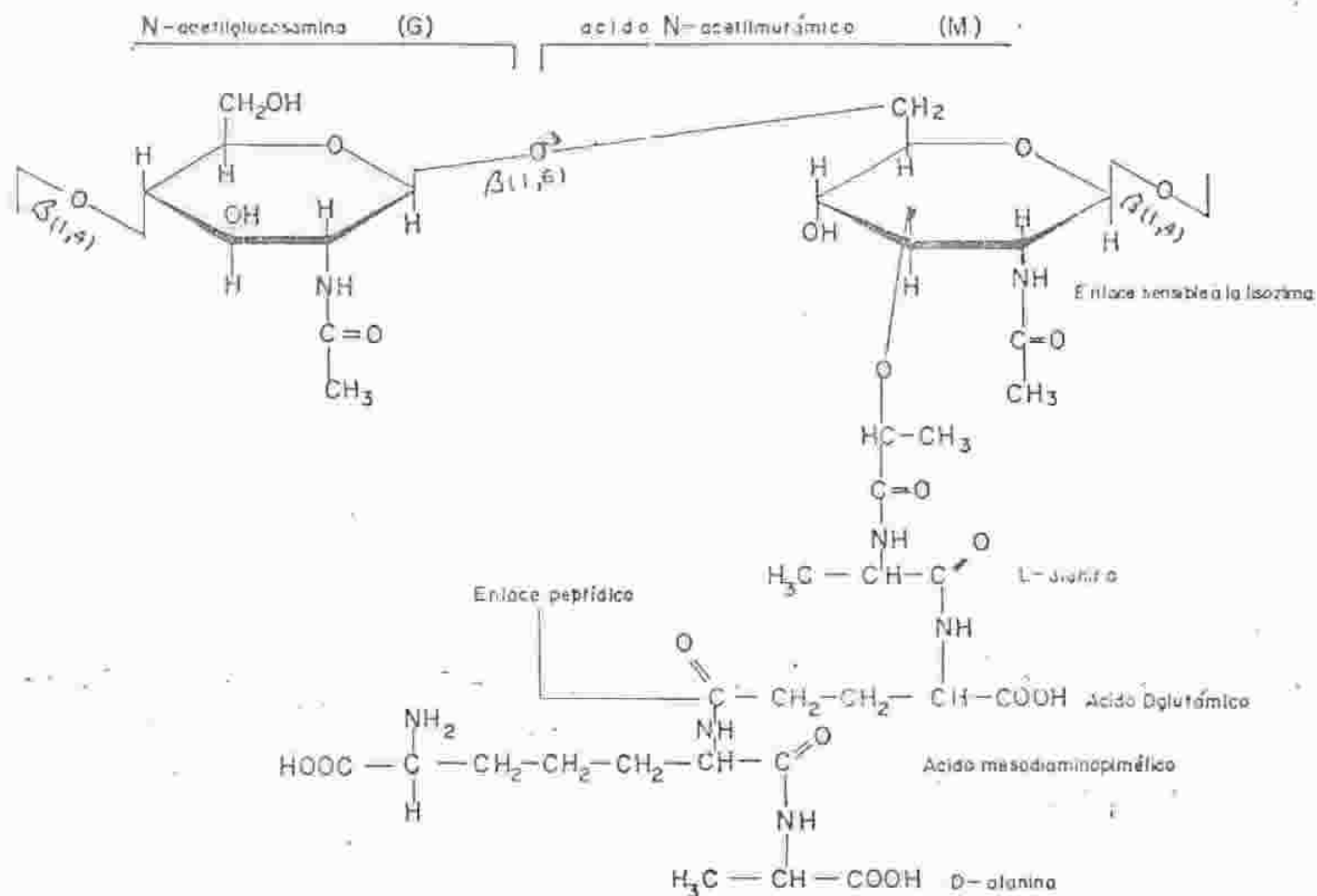
110 Características de la Bacterias

110.0 Tipos de Células Microbianas: Procariotas y Eucariotas

Las células microbianas son de dos tipos diferentes. El tipo menos desarrollado es el de bacterias y algas verde-azules que se denominan procariotas (del griego pro, antes,

tes, más Karyon, núcleo). El tipo celular más desarrollado, eucariota, se halla en todas las demás formas biológicas: algas superiores, protozoarios, hongos, así como plantas y animales superiores.

Las células procariotas y las eucariotas difieren en varios aspectos importantes. Las paredes de la célula procariota son rígidas y sirven para conservar la integridad estructural de las células. Consisten en unidades repetidas de mucopéptido dispuestas en tres dimensiones como lo muestra la siguiente figura:



Unidades repetidas que constituyen el mico péptido de la pared celular de un organismo procarista N-acetilglucosamina (G), y ácido N-acetilmurámico (M) alternan en cadenas unidas transversalmente por enlaces peptídicos (que se indican en tipo negro). (Segun Brock: Biology of Microorganisms, Englewood Cliffs N.J. Prentice-Hall, Inc. 1970).

Dentro de la pared celular hay una membrana plasmática que rodea al protoplasma; éste contiene el cuerpo cromático o núcleo, ribosomas, membranas que contienen clorofila o cromatóforos (en especies fotosintéticas) y, algunas veces, gránulos, gotitas aceitosas y vacuolas. En algunas células procariotas hay uno o más flagelos.

El núcleo procariota consiste en un asa sola cerrada de DNA desnudo que no está rodeado por una membrana. La división nuclear se logra por duplicación y hendidura del DNA, y pueden tener lugar varias divisiones nucleares antes que la célula se divida; el resultado es que se descubren células multinucleadas en cultivos donde el crecimiento es rápido.

El citoplasma de las células procariotas está lleno de ribosomas, que tienen una estructura fina característica. Son casi esféricos, huecos, y, muchas veces dispuestos en pequeñas varillas; su función estriba en sintetizar proteína.

La fotosíntesis en células procariotas tiene lugar en cuerpos citoplasmáticos que difieren de los cloroplastos de las células eucariotas. En algas verde-azules consisten en placas lamina-

res a modo de hojas o tilacoides dispuestos por todo el citoplasma. Algunas especies tienen un sistema de tubos paralelos, otras tienen una red irregular de tubos dilatados y ramificados. En otras existe un sistema de membranas laminares similar al de algas azul-verdosas cerca de la periferia del protoplasma y, a veces asociadas con vesículas. El aparato foto-sintético en los procariotas es comparativamente simple.

Como está conectado con la membrana citoplasmática, la integridad de dicha membrana es esencial para el proceso fotosintético.

Las actividades respiratorias en las procariotas se llevan a cabo por enzimas asociadas con la membrana plasmática y posiblemente con los mesosomas, que están rodeados por una membrana que parece continua con la membrana plasmática.

Un flagelo de un microorganismo procariota consiste en una fibrilla compuesta de tres subfibrillas, cada una enrollada alrededor de la otra en forma de hélice, como un tornillo de tres cabezas.

Al paso que la célula procariota es relativamente indiferencia-

da y posee pocas estructuras membranosas, excepto la membrana plasmática, tilacoides fotosintéticos y, posiblemente los mesosomas, las células eucariotas contienen muchas estructuras subcelulares, y son de índole netamente membranosas. El núcleo eucariota está incluido en una membrana y consiste en moléculas de DNA que incluyen los cromosomas, de los cuales siempre hay más de uno por núcleo. En un núcleo eucariota el DNA está unido a proteínas básicas llamadas histonas, mientras que en las procariotas el DNA no está así. Esta es una diferencia notable entre los dos tipos de células. La reproducción sexual es característica de la mayor parte de las eucariotas, y en el proceso de meiosis tiene lugar un reajuste de todos los cromosomas. Las células procariotas sólo presentan señales fragmentarias de un tipo sexual de producción. No se produce meiosis, y generalmente sólo se transfieren porciones de la información genética.

La índole membranosa de la célula eucariota se estudia con el microscopio electrónico de una célula pancreática. La mayor parte del protoplasma está llena de una red de membranas, el retículo endoplásmico que es el lugar de actividad de muchas enzimas. El retículo endoplásmico que es el lugar de actividad

de muchas enzimas. El retículo endoplásmico granuloso es activo para la síntesis de proteína.

La respiración en las células eucariotas se efectúa en las mitocondrias. Estas están rodeadas por membranas dobles; la membrana interna es el origen de una serie de finas membranas internas en las cuales están situadas las enzimas que participan en el transporte ordenado de electrones desde sustancias oxidables al oxígeno. Entre estas membranas hay otras enzimas que intervienen en la oxidación por los compuestos carbonados hasta bióxido de carbono.

Las células de las plantas verdes contienen cloroplastos, más complicadas de estructura y función que los cromatóforos de los procariotas. Están compuestas de capas paralelas de membranas a modo de hojas o laminillas que no se conectan con las membranas limitantes. Contienen la clorofila y pigmentos fotosintéticos carotenoides y las enzimas que participan en la fijación de bióxido de carbono y en la formación de carbohidratos. En contraste, los cromatóforos de los procariotas carecen de las enzimas que fijan el bióxido de carbono. Las paredes de las células eucariotas cuando existen suelen estar compuestas de sustancias inorgánicas, o bien orgá-

nicas relativamente simples como polisacáridos, celulosa y polímeros de monosacáridos del tipo de mananas y xilanos. La mayor parte de células animales no poseen una pared rígida.

Las membranas de las células eucariotas contienen esteroides, mientras que las procariotas suelen carecer de ellos. Las diferencias en la pared celular y en la composición de la membrana son las únicas diferencias químicas importantes entre procariotas y eucariotas.

Las células eucariotas flageladas poseen flagelos de dimensiones microscópicas, pero de estructura "avanzada". Están compuestas de 20 fibrillas dispuestas de una manera distintiva: nueve pares de fibrillas están distribuidas uniformemente alrededor de dos fibrillas situadas cerca del centro. Cada fibrilla de una célula eucariota tiene aproximadamente las dimensiones de un flagelo de un organismo procariota. (14).

12

NUTRIENTES

En las plantas superiores están presentes elementos que han sido considerados como esenciales en la vida de las plantas ya que en su ausencia no es posible una vida normal; estos

suelen clasificarse así:

- Macroelementos: Carbono, Oxígeno, Hidrógeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre.
- Microelementos: Hierro, Boro, Cloro, Cobre, Manganeso, Molibdeno, Zinc, Sodio, Aluminio y Silicio.

120 Acción de los Nutrientes.

120.0 Macronutrientes o Macroelementos

Para que una planta efectúe su ciclo vital es necesario que se alimente de ciertos elementos especiales, estos son los llamados nutrientes que algunas veces se encuentran libres en la naturaleza y en otras se recurre a los fertilizantes. La materia orgánica sintetizada que contiene Carbono y Oxígeno, forma la mayor parte de todos los animales y plantas; numerosos estudios demuestran que la composición atómica de una planta es semejante a la del ser humano, pues tiene aproximadamente 90% de carbono, hidrógeno y oxígeno, considerándose de esta forma como indispensable para todas las formas de vida.

Otros elementos son también característicos de la materia viviente y están presentes en cantidades mucho más pequeñas como el nitrógeno sin el cual no pueden existir las proteínas;

hidratos estructurales.

- El Fósforo: Es importante en el metabolismo porque la mayoría de los compuestos especialmente carbohidratos, necesitan de una fosforilación para entrar en los ciclos metabólicos. Además forma parte de los compuestos donde se acumula la energía de algunas enzimas. La planta absorbe el fósforo en forma de iones PO_4^{3-} y H_2PO_4^- y su disponibilidad disminuye en suelos con alto contenido en hierro y aluminio, conociéndose estos con el nombre de lateríticos. Su deficiencia da lugar a tallos y hojas de color verde rojizo, café rojizo, púrpura o bronceado; la floración y maduración se vé retardada; el exceso acelera la madurez a costa del desarrollo vegetativo.

- Potasio: A pesar de ser un elemento vital requerido en mayor cantidad por la planta ha sido imposible aclarar completamente su función dependiendo del hecho de la no formación de compuestos orgánicos. El potasio se acumula en las partes vegetativas en donde la división celular resalta y parece ser que su función tiene que ver con los mecanismos de turgencia y de citocinesis. El potasio es antagónico con el nitrógeno y por ello en algunos casos el exceso de nitrógeno produce un efecto

similar a la eficiencia de potasio. La forma de aprovechar el potasio es en forma de ión K^+ monovalente, bien que proceda de materia orgánica o de minerales del suelo. La deficiencia se manifiesta a través del amarillamiento de los ápices y de los márgenes de las hojas maduras. El exceso igual que el del amonio puede acentuar la deficiencia de magnesio en el suelo.

- Calcio: Es un elemento que no escasea en el suelo y que la planta lo requiere en bajas cantidades, comparada con la de otros elementos. Se considera un corrector del PH del suelo. El calcio se presenta soluble en el citoplasma integrándose con el potasio en fenómenos de turgencia y economía hídrica celular.

Un exceso de calcio inhibe la asimilación de potasio y viceversa. Mientras el potasio y el sodio fomentan el proceso de elongación celular, el calcio lo retarda; como el calcio se acumula en las hojas adultas su deficiencia se manifiesta en las hojas jóvenes, el efecto es una clorosis en las márgenes que a diferencia de las manchas causadas por la deficiencia de potasio se desvanecen gradualmente sobre los tejidos. Las hojas sufren deformaciones y ondulaciones.

Magnesio: Es el elemento constituyente de la molécula de clorofila, además tiene que ver con la economía basal del vegetal y en la síntesis de carbohidratos, lípidos, vitaminas y algunas enzimas que tienen que ver con la asimilación del fósforo. El magnesio se absorbe como catión bivalente positivo y se encuentra como carbonato fosfato, óxidos y sulfatos. La deficiencia se manifiesta en primer lugar por una clorosis con manchas en los espacios que dejan las nervaduras. El exceso inhibe la síntesis de diferentes moléculas, de enzimas y vitaminas.

- Azufre : Se presenta en las plantas como ésteres sulfúricos y formando parte de algunos aminoácidos, como la cistina y la metionina. Es muy importante en la síntesis de proteínas de actividad enzimática que en una u otra forma tienen que ver con la respiración; es asimilado bajo la forma de ión sulfato SO_4^{2-} , su deficiencia es rara ya que el suelo ofrece buena cantidad. Los fertilizantes por lo general lo contienen y la acción bacteriana sobre la materia orgánica complementa esta disponibilidad. La deficiencia es semejante a la del nitrógeno pero ataca preferencialmente a las hojas jóvenes. (15).

Actualmente se conoce la existencia de 16 elementos esenciales para la planta. A siete de estos elementos se les denomina elementos menores oligoelementos, - elementos trazas o micronutrientes, principalmente - debido a la pequeña cantidad tomada y utilizada por la planta. Ellos son: Hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cloro. El cobalto se requiere para la fijación simbiótica de N en plantas leguminosas.

En general los elementos esenciales para los animales - son casi los mismos que necesita la planta. Excepciones son el I, el Se y el Na. Sin embargo, debido a que, generalmente, las plantas son las principales fuentes de micronutrientes para los animales es conveniente que los nutricionistas y fisiólogos animales consideren este aspecto - dentro de la relación planta - animal.

- Boro: A pesar de que la esencialidad de este nutriente fué mostrada desde 1926 por Sommer y Lipman, no se sabe aún mucho sobre sus funciones en la vida vegetal (Chapman, 1966). (16).

Para un desarrollo normal de la planta, debe existir dentro de ella un balance adecuado Ca:B y K:B. Este balance de -

pende de la especie de planta, pero en general, una relación Ca:B adecuada está en el intervalo de 80:1 - 1200:1. Por ejemplo para tabaco 1200 : 1.

La disponibilidad de boro para la planta está afectada tanto por factores que favorecen su fijación, como por aquellos relacionados con el clima, material paretal, interacciones con otros elementos, materia orgánica y textura del suelo.

- Cloro: Posiblemente interviene en el metabolismo del agua. Estimula la fosforilación en la fotosíntesis, pero su papel exacto en este proceso aún no ha sido definido. La deficiencia de este nutrimento se manifiesta porque las hojas presentan marchitamiento y clorosis; en el caso del tomate se observa una tonalidad bronceada característica. Algunas especies de plantas son sensibles al exceso de cloruros, principalmente manifestando reducción en la calidad de la cosecha.

En el suelo, el cloro está presente principalmente en forma iónica soluble. La fijación o absorción de cloruros decrece cuando aumenta el pH (Malavolta, 1975). (16).

- Cobre: En estado natural el cobre se presenta como cobre metálico, minerales de cobre, sales neutras insolubles, compuestos solubles en agua, cobre absorbido por las arcillas y cobre formando compuestos con la materia orgánica en la mayoría de los casos estables.

En relación con la interacción del cobre con otros elementos se ha encontrado que altos niveles N y P pueden inducir deficiencia de cobre; existe un antagonismo mutuo entre el cobre y molibdeno. Parece que el cobre interfiere con la función del molibdeno en la reducción enzimática de los nitratos. Por su parte el exceso de zinc puede inducir deficiencia de cobre.

Hierro: Los principales factores del medio que gobiernan la disponibilidad del hierro para las plantas son (Malavolta, 1975) : (16).

- Cantidad total de hierro presente. En igualdad de condiciones un suelo con mayor cantidad de hierro total puede aportar más hierro a la planta, que un suelo más pobre en dicho nutrimento.

- pH del suelo. A pH elevado es bastante común la carencia de hierro. Esto se debe probablemente de la conversión de -

Fe^{++} a Fe^{+++} , oxidación seguida por la precipitación de $Fe(OH)_3$, de baja disponibilidad para la planta.

- Grado de aireación. La presencia de oxígeno favorece la conversión del hierro a formas insolubles. En suelos inundados o sobresaturados de agua se produce solubilización debido a las condiciones reductoras imperantes.

- Concentración de Manganeso, Cobre y Zinc. Concentraciones elevadas de estos elementos pueden inducir deficiencia de hierro. En algunos casos el exceso de fósforo también puede ocasionar el mismo problema. Parece que el anión HCO_3^- interfiere en el metabolismo del hierro.

- Manganeso: El exceso de manganeso puede inducir desorden en el metabolismo del Mo. La principal interacción es la del manganeso con el hierro. Se ha reportado que el manganeso interviene en el transporte del hierro de la raíz al tallo; la absorción de hierro por las raíces puede aumentarse incrementando la concentración de manganeso en el sustrato. Por su parte que el exceso de hierro reduce la toma de manganeso por la planta.

En casi todos los suelos pobres en materia orgánica las formas absorbibles son los iones Mn^{++} cuya concentración de

equilibrio está regulada por el pH y el potencial de oxidación. La actividad microbiana es importante debido a la oxidación selectiva del Mn^{++} que realizan ciertos microorganismos (Hodson, 1963). (16).

- Molibdeno: Siempre se ha reconocido el Mo como un elemento necesario para la fijación de nitrógeno del aire por las bacterias del género *Rhizobium* en simbiosis con las leguminosas. Es un fuerte activador de la enzima nitrato reductasa, la cual es esencial en la asimilación de nitratos puesto que cataliza la primera etapa de la reducción NO_3^- a NH_4^+ . Igualmente parece que está implicado en el metabolismo del fósforo y del ácido ascórbico (Malavolta, 1975). (17).

La mayoría del molibdeno aprovechable del suelo se encuentra acumulado en la parte superior del mismo. Excepto para suelos arenosos, el molibdeno adicionado en forma solubles es rápidamente convertido en formas menos solubles (Smith y Leeper, 1969).

Las leguminosas que crecen en suelos ácidos bajos en molibdeno muestran con frecuencia deficiencia de nitrógeno como resultado de una fijación ineficiente (Anderson, 1956). La

molibdo proteína nitrogenasa que fija N_2 a NH_3 , el cual es asimilado por la planta (Koch, 1967). (18).

Está compuesta de 2 proteínas, ambas con requerimientos de hierro y una con requerimientos de molibdeno. Esta última parece desarrollar una función catalítica.

Sin embargo, se cree que el molibdeno está implicado en otros procesos diferentes a los anteriormente citados ya que plantas que crecen en medios suplidos únicamente con NH_3 - NO_2 , o urea como fuente de nitrógeno, tiene aún requerimientos de molibdeno. El hecho de que la deficiencia de molibdeno no afecte el metabolismo del fósforo y del ácido ascórbico sugiere que el elemento está implicado en estos procesos. (19).

Debido a la interferencia del elemento con el metabolismo del nitrógeno, las plantas deficientes son con frecuencia verde pálidas. En algunas plantas hay moteados y entorchamientos atribuidos a una acumulación de nitratos o compuestos oxidantes (Anderson 1956, Hewitt 1956). (19).

Los tejidos de plantas deficientes en molibdeno que crecen solamente con nitratos, son bajos en amonio, nitrógeno orgánico soluble y nitrógeno proteico; tienen también una alta proporción

de fósforo inorgánico en relación al fósforo orgánico y bajo contenido de ácido ascórbico; sin embargo hay acumulación de algunos aminoácidos (Jackson, 1967). (19).

Frecuentemente el primer síntoma de deficiencia de molibdeno es una deficiencia de nitrógeno; en el caso de las leguminosas que dependen de la actividad de las bacterias fijadoras de la microflora del suelo para su suministro de nitrógeno, las plantas deficientes en molibdeno son de hecho deficientes en nitrógeno, en el caso de las no leguminosas, las plantas son en efecto deficientes en nitrógeno, en el caso de las no leguminosas, las plantas son en efecto deficientes en nitrógeno porque a pesar de que grandes cantidades de nitratos están presentes en el suelo y en la planta, este nitrato no es metabolizado en ausencia de suministro adecuado de molibdeno (Johnson, 1966). (19).

La respuesta de los cultivos al suministro de molibdeno es variable. En sistemas donde la aprovechabilidad es similar (solución de cultivo, suelos similares), las plantas como el tomate, remolacha, lechuga y las plantas del género Brassica muestran altos requerimientos y las deficiencias pueden ser muy pronunciadas. En las mismas circunstancias las leguminosas (suplidas con nitrógeno fijado), zanahoria, apio, cereales y pastos

pueden tener un suministro adecuado. Leguminosas de semilla pequeña cuando necesitan obtener todo o la mayoría de su nitrógeno por fijación del nitrógeno atmosférico muestran altos requerimientos solamente por la necesidad de molibdeno del Rhizobiu. Las leguminosas de semilla grande normalmente llevan en la semilla suficiente reserva de molibdeno para producir un crecimiento normal aún en suelos severamente deficientes (Johnson, 1966). (19).

- Zinc: En el año de 1930, Chandler y colaboradores demostraron la esencialidad del zinc para las plantas superiores (Chapman, 1966). (19).

Se ha encontrado que el zinc en la nutrición de la planta está adversamente afectado por el suministro alto de fósforo, principalmente en aquellas plantas con moderada a alta sensibilidad a deficiencia de zinc (Brown, Krants y Eddings, 1979). (19).

Parece que el problema se debe a una inhibición en la translocación del zinc, de las raíces a otras partes de la planta (Lora, 1968). (19).

La disponibilidad de zinc para la planta también se ve afectada por la materia orgánica, los carbonatos principalmente de

calcio y magnesio; los óxidos de hierro, el potencial de oxidación, el contenido de agua del suelo y la actividad microbiana.

Es conveniente tener en cuenta que tanto los animales como el hombre derivan de las plantas su alimento. En esta forma en muchos casos el estado nutricional del hombre o del animal dependerá del nivel de ciertos nutrimentos en la planta.

120.2

El pH del Suelo y su Relación con los Nutrimentos de las Plantas

El pH tiene notable importancia en los suelos e influye en la aprovechabilidad de los nutrimentos que requiere la planta.

En los suelos ácidos, generalmente, hay buenas cantidades de algunos elementos menores disponibles, tales como Fe, Mn, Zn y B. Por su parte el P, Ca, Mg, K, N, S, son más disponibles en un pH de 6.5 a 7.5. El micronutrimento Mo, es más disponible a un pH por encima de 7.0.

El pH influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica. Igualmente es un factor importante en la producción de nitratos en el suelo, considerados como una de las formas

de máxima utilización del nitrógeno por la planta.

Efecto Directo del PH

La toma de cationes por la planta es afectada por la acidez del suelo y de las soluciones nutritivas. Si el pH es extremadamente bajo no hay absorción y los cationes previamente absorbidos tienden a fugarse de la planta hacia la solución del suelo. Posiblemente los iones H^+ disminuyen la toma de cationes debido a su proceso competitivo, pero el Ca^{++} reduce o previene este problema. (Buckman y Brday, 1960). (20).

En general, casi todas las plantas crecen y producen mejor en suelos con un pH entre 5.5 y 7.3. (20).

13

CICLO DEL NITROGENO.

Los nitratos asimilados por plantas son reducidos y la mayor parte del nitrógeno protoplasmático se encuentra en los radicales amino de las moléculas de aminoácidos. Las proteínas vegetales, ingeridas por los animales, son transformadas principalmente a proteínas animales. El metabolismo animal hace que se excreten productos que contienen compuestos nitrogenados, por ejemplo urea o ácido úrico, del que se libera amoníaco por la acción de microorganismos adecuados. Esta excre

sión, no obstante, explica solamente una proporción pequeña de nitrógeno en el cuerpo del animal.

Peptonización y Amonificación.

El nitrógeno de los tejidos muertos animales y vegetales regresa a estado inorgánico por descomposición hidrolítica por las etapas corrientes, esto es, de proteosas, peptonas, péptidos y aminoácidos y la desaminación de aminoácidos, con lo que se obtiene amoniaco.

Las etapas iniciales de la hidrólisis se conocen como peptonización. Muchos microorganismos, pero no todos, atacan las proteínas originales. Esta hidrólisis puede llevarse a cabo extracelularmente, y otros microorganismos pueden utilizar las proteosas o peptonas y causan amonificación. La amonificación transforma el nitrógeno de compuestos orgánicos a su forma más reducida.

Oxidación de Amoniaco.

Parecería apropiado para la naturaleza contar con un mecanismo en que las plantas pudieran asimilar directamente el amoniaco, pero, como mencionamos, muchas plantas obtienen nitrógeno de nitratos. No obstante, hay algunas bacterias que pueden llevar a cabo las oxidaciones necesarias, pero ninguna

especie oxida por completo el amoniaco a nitrato. La primera etapa, nitrosificación, es la oxidación del amoniaco o ácido nitroso o nitrato. . Ello es llevado a cabo por especies de nitrosomonas. La segunda etapa es la nitrificación, esto es, la oxidación de nitrito a nitrato por especies nitrobacter. Estas especies y algunas especies afines son los únicos microorganismos que transforman el amoniaco a la forma que utilizan las plantas. La destrucción de nitrosomonas a nitrobacter rápidamente causa pérdida importante de la fertilidad del terreno. Afortunadamente estas bacterias están distribuidas ampliamente.

Reducción.

Los nitratos no asimilados rápidamente por las plantas por lo regular se pierden, sea por filtración o por reducción. Muchos microorganismos utilizan el nitrato, como aceptor de hidrógeno en el curso de la respiración anaerobia. La reducción de nitratos hace que se produzcan nitritos, amoniaco o nitrógeno libre.

La reducción de nitratos proporciona una vía importante de asimilación microbiana del nitrógeno inorgánico. El amoniaco formado intracelularmente reacciona con ácidos orgánicos derivados del desdoblamiento de carbohidratos para producir aminoáci

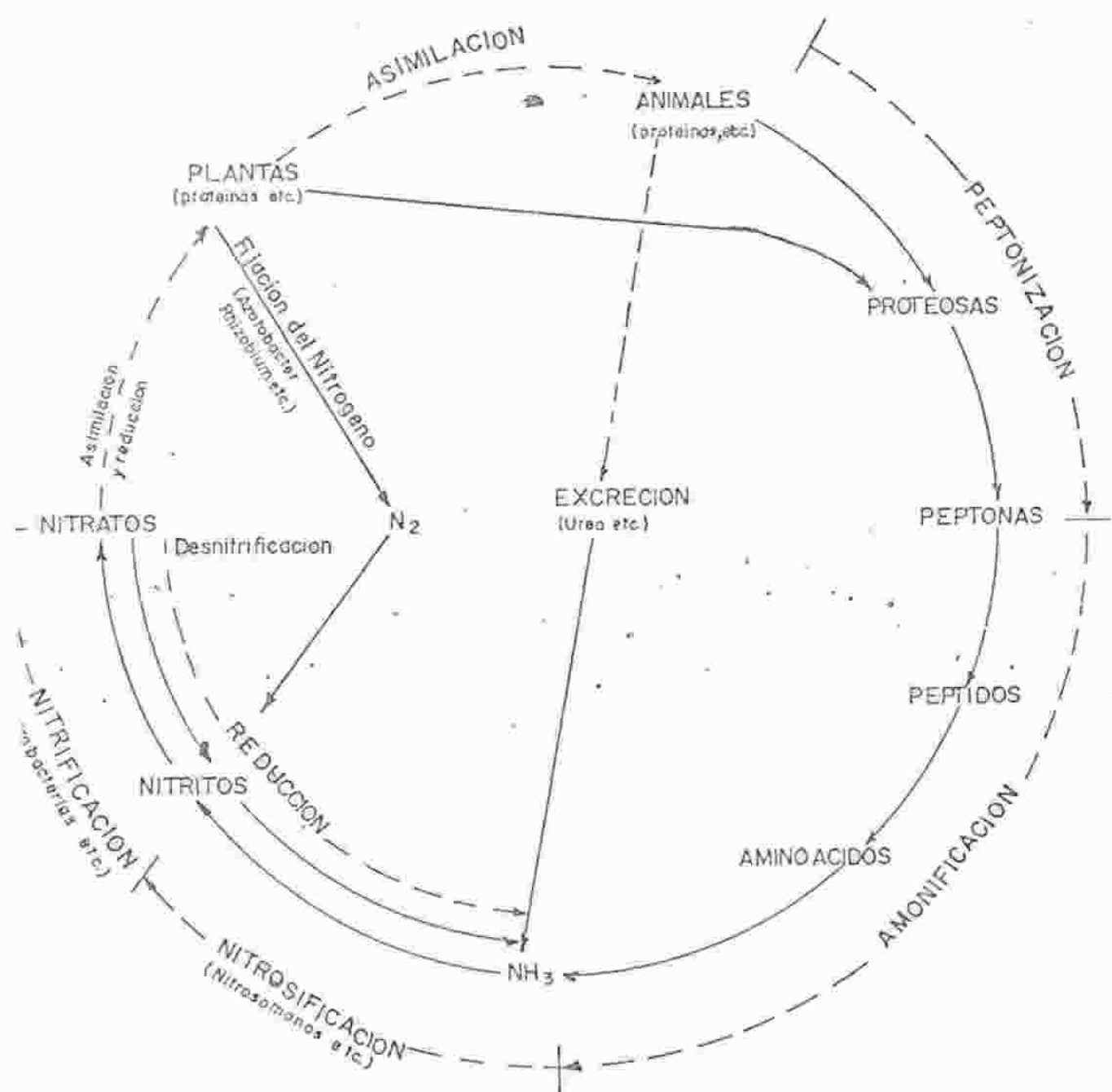


FIGURA N°1

CICLO DEL NITROGENO: La actividad Microbiana esta indicada por las flechas negras.

dos, a partir de los que son sintetizadas las proteínas celulares. Puede considerarse la desnitrificación como una forma especial de reducción de nitratos o respiración en la que el producto terminal es N_2 gaseoso. Este gas es llevado a la atmósfera y representa una pérdida significativa en el ciclo del nitrógeno.

Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo la desnitrificación tiene carácter nocivo, en tanto que la respiración por nitratos con liberación de nitritos o amoníaco puede ser tóxica. El nitrito es tóxico a ciertas plantas, y el amoníaco no es asimilado por otras con la misma facilidad que lo es el nitrato. La asimilación microbiana de nitrógeno disminuye temporalmente la fertilidad, pero el nitrógeno en forma combinada se encuentra aún en el suelo y por último queda activo y disponible para el crecimiento de la planta.

La reducción de nitratos, unida a la desnitrificación, suele ocurrir en condiciones anaerobias, por ejemplo en terreno pantanoso y muy húmedo. (Figura 1).

Fijación de Nitrógeno

La incapacidad de plantas y animales superiores para utilizar

el nitrógeno atmosférico sería catastrófica si no fuera porque algunas bacterias y algas azul-verdes lo utilizan, aunque solamente una cantidad limitada de nitrógeno es transformada en forma combinada por la luz solar y por otros medios naturales.

Los métodos artificiales de fijación del nitrógeno son bastante caros. Los microorganismos que fijan nitrógeno ayudan a conservar el equilibrio en el suelo y compensan la pérdida de nitrógeno por desnitrificación.

El mecanismo de fijación biológica de nitrógeno varía según los organismos. Pero, en general, el nitrógeno libre es reducido a amoníaco, a partir del cual pueden producirse ácido glutámico y otros aminoácidos. (Figura 2).

La reducción del nitrógeno consume gran cantidad de energía, que proviene del ATP. Los electrones necesarios para el proceso provienen del NADPH, por vía de proteína ferruginosa - ferredoxina. La reducción por etapas de dos electrones es catalizada por la enzima nitrogenasa pasando por los compuestos intermedios diimida e hidracina.

Los microorganismos que fijan nitrógeno suelen separarse en dos grupos: I - Organismos simbióticos fijadores de nitrógeno

que lo unen a nódulos en las raíces y hojas de las plantas, y II - organismos libres fijadores de nitrógeno que viven independientes en el suelo o en el agua.

Los gérmenes simbióticos fijadores de nitrógeno incluyen el género rhizobium cuyos miembros viven en las leguminosas. La planta proporciona una fuente de energía, y el simbioto devuelve el nitrógeno en forma combinada que la planta puede más tarde utilizar.

Los organismos de vida libre fijadores de nitrógeno incluyen algunas bacterias fotosintéticas y no fotosintéticas, más de 40 especies de algas azul verdes, y unas pocas levaduras. La mayor parte de estos organismos viven en el suelo o en el agua, donde utilizan residuos vegetales y otra materia orgánica o CO_2 como fuente de carbono, obteniendo la energía por oxidación o por la luz solar, y fijan el nitrógeno de la atmósfera si el medio que los rodea no contiene suficiente nitrógeno combinado para asegurar el crecimiento.

Alrededor de 1950 se comprobó que la mayor parte de bacterias fijadoras de nitrógeno son anaerobias.

Por su significación en la agricultura se ha estudiado mucho más la simbiosis entre leguminosas y *Rhizobium* que ninguna otra de tales relaciones. Durante años se sabía que los rizobios se consideraban las bacterias de los nódulos de las raíces, porque infectan las raíces de las plantas y producen nódulos o tubérculos que contienen millones de células bacterianas. La infección sólo puede tener lugar cuando existe la especie adecuada de bacterias sobre los pelos de las raíces de la planta joven. La multiplicación de las bacterias (y también de otras bacterias en la rizosfera) es estimulada por el ácido indolacético, que se forma a partir del triptófano secretado por las raíces. Luego un exudado bacteriano hace que las raíces secreten poligalacturonasa, una enzima que disuelve las fibrillas de los pelos de las raíces y permite que pequeños rizobios de forma bacilar en "enjambres" penetren y formen "pelos de infección", con lo cual acaban penetrando en las células de la corteza interna de la raíz. Las bacterias luego se multiplican dentro de las células de la raíz aumentando de volumen y adoptando formas raras y regulares llamadas bacteroides. Las masas de células de las raíces inchadas con bacteroides constituyen los nódulos. La comunicación física y fisiológica entre los nódulos y el sistema vascular de la raíz, permite el inter-

cambio de materiales.

Los carbohidratos de la planta proporcionan carbono y energía, y los bacteroides brindan nitrógeno de la atmósfera del suelo. El crecimiento bacteriano proporciona mucho nitrógeno combinado, que acaba pasando a constituir en alguna forma tejidos de la planta. Por lo tanto, el crecimiento de la planta mejora, especialmente sobre un suelo que contenga poco nitrógeno combinado.

Las leguminosas comprenden uno de los grandes grupos de plantas que se reproducen por semillas; incluyen plantas conocidas; p. ej; alfalfa, trébol, guisantes, judías y frijol de soja. Las leguminosas contienen más nitrógeno que las no leguminosas; la alfalfa por ejemplo, incluye de 300 a 350 libras de proteína por tonelada en tanto que la yerba forrajera *Phlem pratense* incluye solamente de 115 a 150 libras de proteína por tonelada. Gran parte del nitrógeno de la proteína de la alfalfa proviene del nitrógeno atmosférico por acción de las bacterias de los nódulos de las raíces.

Las especies *Rhizobium* se diferencian especialmente por las leguminosas que infectan. *Rhizobium meliloti*, por ejemplo, infecta y produce nódulos en la alfalfa, trébol dulce y

trébol cardo o de escobilla. *R. Leguminosarum* produce nódulos en los guisantes comestibles, en el guisante de olor, en el arvejón, en las habas, y en las lentejas. Las especies de plantas en que las mismas especies de *Rhizobium* fijan nitrógeno se denominan grupos de inoculación cruzada o grupos de plantas - bacterias se conocen varios grupos o plantas-bacterias.

Las bacterias de los nódulos de las raíces están bastante distribuidas en casi todas las tierras del globo terrestre, pero no lo suficiente para asegurar la aparición de nódulos en todas las plantas susceptibles. El número de rizobios disminuye durante períodos de sequía, la temperatura desfavorable, y acidez como resultado de la actividad de bacteriófagos y otros microorganismos antagonistas. Aún más, hay nodulación eficaz solamente cuando las especies de *Rhizobium* del grupo adecuado bacteria - planta se encuentran presentes, y no abundan en un terreno en que se ha cultivado durante años plantas de otro grupo.

Se recomienda la inoculación de la semilla para asegurar un número adecuado de bacterias en una cosecha dada. En la práctica se mezclan las semillas con las bacterias antes de sembrarlas. Después de germinación, las pequeñas radículas que cubren la raíz principal y sus ramas pueden infectarse por

rizobios adyacentes, y los nódulos que aparecen en el sitio de fijación del nitrógeno. La inoculación directa de la semilla hace que las bacterias cuenten con una situación más ventajosa para infección.

Las leguminosas sin nódulo crecen lentamente en suelos pobres en nitrógeno; sus hojas se vuelven amarillas, y suelen morir por falta de nitrógeno. Las plantas con nódulos crecen normalmente en las mismas condiciones, y tienen un color verde que indica salud. Las plantas con nódulos o sin ellos crecen normalmente en los suelos que contienen abundantes elementos nitrogenados. El efecto beneficioso de los nódulos es particularmente patente en los suelos con un poco de nitrógeno combinado. Además de acelerar el crecimiento, especialmente de la planta joven, mejorar el rendimiento de la cosecha y concentración proteínica de los granos cosechados.

La cantidad total de nitrógeno añadida al suelo por microorganismos fijadores de nitrógeno se ha calculado que era casi de 100.000.000 de toneladas cada año sobre toda la superficie de la tierra. La fijación de nitrógeno en los océanos abiertos es función principalmente de las algas azul-verdes y conocemos muy poco acerca de su productividad.

Transformación del nitrógeno en material de desecho.

La mayor parte de las etapas del ciclo de nitrógeno ocurre en agua y en la tierra. Los desperdicios contienen proteínas vegetales y animales que se descomponen y forman amoníaco y otros compuestos nitrogenados reducidos. (21).

130.1 Fisiología y Bioquímica de la Fijación Simbiótica de Nitrógeno por las Leguminosas.

Generalidades.

En 1891, se observó que las leguminosas cuando crecen en medios libres de nitrógeno, pueden ganar en sus tejidos considerable cantidad de ese nutriente y que la ganancia corresponde a una pérdida del elemento en el aire. La causa del hecho es la fijación simbiótica, la cual tiene lugar en nódulos formados en la raíz de las leguminosas, con el concurso de bacterias del género *Rhizobium*. Mediante tal mecanismo las plantas pueden suplir por lo menos parcialmente, sus requerimientos de nitrógeno, generándose así su potencialidad agronómica, en cuanto a la economía de fertilizantes nitrogenados y producción económica de proteínas en granos de consumo humano y forrajes, sin perjuicio del efecto beneficioso sobre varios factores del suelo.

Al presente, se han realizado sustanciales avances en cuanto al mecanismo y bioquímica del sistema simbiótico de las leguminosas. Mientras que, a consecuencia de que algunos aspectos no son suficientemente conocidos, aún se adelantan programas de investigaciones sobre genética, fisiología y efectos de factores ambientales. Las investigaciones sobre factores intrínsecos del sistema simbiótico leguminosa-Rhizobium son importantes dado que permitirán un control de los factores que lo afectan y mayor precisión en la selección y utilización de cepas. Por otra parte el conocimiento actual del proceso constituye la base para la experimentación orientada al aprovechamiento de las bondades del fenómeno, en determinados cultivos leguminosos.

Origen.

Se ha sugerido que en su inicio la simbiosis leguminosa Rhizobium, fué una asociación de bacterias de vida libre fijadoras de nitrógeno, con la raíz del hospedero. El carácter extra celular de los bacteroides que realizan la fijación, apoya la hipótesis; pero ésta, no explica la pérdida de la capacidad fijadora en la forma de vida libre

de la bacteria. Otra hipótesis, sugiere que la bacteria inicialmente adquirió la capacidad de fijar nitrógeno, cuando se encuentra asociada con determinado hospedero. Este origen, admite la especificidad de la bacteria con respecto al hospedero, así como el hecho de que los bacteroides no se dividen e implican la herencia de las características simbióticas, por transmisión colateral, mediante la división de bacterias no transformadas en bacteroides, que permanecen latentes en los nódulos. De todas formas, la incertidumbre existente en relación al origen de la simbiosis leguminosa - Rhizobium, es tan grande que no ha sido posible establecer un criterio final.

Mecánica.

El desarrollo de la simbiosis en las leguminosas, supone una serie compleja de interacciones entre la bacteria y el hospedero, en la que se distingue una fase de preinfección, una elaboración de nódulos y una intracelular que incluye la fijación de nitrógeno en sí. Estas etapas, aunque con aparente independencia morfológica y fisiológica, en las asociaciones de hospedero y bacteria compatibles, pueden aportar cantidades significativas de nitrógeno al hospedero. Tal es el origen de las bon-

dades agronómicas de la simbiosis leguminosa - Rhizobium. Por otra parte, la incompatibilidad entre los componentes, corresponde al bloqueo de una cualquiera de las etapas mencionadas y puede reducir o anular la fijación. Cuando la incompatibilidad se manifiesta en la etapa preinfectiva, corresponde a la ausencia de la especificidad entre el hospedero y la bacteria; mientras que, su ocurrencia en cualquier estado de desarrollo de los nódulos, refleja o la interferencia de factores ambientales o cambios genéticos en uno de los componentes del sistema simbiótico.

En el estado de preinfección, varias interacciones entre el hospedero y la bacteria, ocurren en la rizosfera del primero e involucran la inducción y emisión de algunas sustancias. El hospedero aparentemente secreta o exuda triptófano, el cual es transformado por la bacteria en ácido indolacético. Este último, parece estimular la deformación y rizado de los pelos radiculares del hospedero, como preludio de la infección. La primera reacción específica del hospedero, parece ser causada por polisacáridos extracelulares producidos por la bacteria, los cuales inducen en el hospedero, la producción de poligalacturonasa. Esta enzima, conjuntamente con el ácido indolacéti-

co, afectaría la plasticidad de la pared primaria de los tejidos radiculares jóvenes del hospedero y facilitaría la penetración de la bacteria.

Para la formación de los nódulos después de la penetración de la bacteria, ésta progresa en el tejido del hospedero dentro de un filamento de pared celulósica, producido por las células de aquél. Por otra parte, algunas células de la región cortical del meristemo de la raíz infectada, se transforman en tetraploides, estas se dividen repetidamente, generando una masa celular que se diferencia en nódulo. El filamento se ramifica y penetra sólo en las zonas de células tetraploides. A expensas de las células corticales no transformadas, en la periferia del tejido infectado, se diferencia una corteza y una endodermis en el nódulo y un sistema vascular conectivo a la raíz.

La fase intracelular se inicia, cuando vesículas portadoras de *Rhizobium* formadas del filamento de infección se rompen y las bacterias liberadas, invaden las células tetraploides de la zona central del nódulo. Aparentemente, la membrana de las células invadidas, se involuciona originando sacos membranosos que contienen una o varias células rhizobianas. La bacteria en su nueva

cápsula se multiplica antes de transformarse en bacteroide, la forma rhizobiana fijadora de nitrógeno. La transformación incluye cesación de la división, aumento de tamaño, cambio de forma, síntesis de nitrogenasa, fragmentación de cromatina, aumento de la región perinuclear y modificación mitocondrial. Conjuntamente con la formación de bacteroides, entre estos y la membrana de la cápsula, se desarrolla el pigmento leghemoglobina e inicia la función fijadora de nitrógeno. En condiciones ambientales compatibles, la fijación iniciada experimenta un aumento para luego decrecer hasta su extinción. La última etapa, refleja el deterioro de los bacteroides y del pigmento después de determinado período de funcionamiento de los nódulos. La degeneración iniciada en la bacteria y el pigmento, se extiende a todo el nódulo. Eventualmente bacterias no transformadas en bacteroides, que permanecieron latentes dentro del nódulo en vesículas del filamento de infección, se reactivan e invaden el nódulo en descomposición y el suelo adyacente. De esta forma, se continúa el ciclo de vida libre de *Rhizobium* en el suelo y se generan condiciones para un nuevo ciclo del sistema simbiótico.

Bioquímica.

Aparentemente la fijación simbiótica de nitrógeno en los nódulos leguminosos, ocurre en la fracción soluble de los bacteroides, aunque el nitrógeno fijado se localiza fuera de estos. La fijación en sí comprende la reducción de nitrógeno elemental hasta amonio, mediante el sistema enzimático nitrogenasa y posterior síntesis de aminoácidos y proteínas. Es de destacar que ni la leguminosa hospedera ni la bacteria por sí solas, poseen la capacidad de fijar nitrógeno independientemente, lo que probablemente obedece a que la Nitrogenasa no puede ser sintetizada por una sola de aquellas.

El proceso en su conjunto incluye una serie de reacciones bioquímicas que eventualmente pueden resultar en una simbiosis efectiva, referida a asociaciones que fijan cantidades de nitrógeno útiles para el hospedero. Además, el fenómeno puede presentar un gradiente de intensidades que incluye asociaciones parasitarias. El valor de la intensidad de fijación de un sistema simbiótico dado, puede ser la expresión de la capacidad intrínseca del sistema producto de las interacciones genotípicas de hospedero y bacteria, cuando aquel se desarrolla en ambientes óptimos. Así mismo, la interferencia de algún fac-

tor ambiental a nivel subóptimo puede limitar el proceso, resultando en una fijación actual inferior a la potencial antes referida. Sin perjuicio de los aspectos relativos referidos, la fijación simbiótica de nitrógeno, puede interpretarse a la luz de algunos de sus procesos bioquímicos particulares.

Las leguminosas noduladas requieren iluminación para la fijación de nitrógeno, toda vez que productos fotosintéticos, actúan como sustrato respiratorio para las bacterias fijadoras en los nódulos. Asimismo, ciertos compuestos intermedios de la transformación oxidativa de los carbohidratos en los nódulos, parecen ser los aceptores de amonio, durante la asimilación del nitrógeno simbióticamente fijado.

En las sustancias translocadas a los nódulos predominan: sucrosa, glucosa y algunos ácidos orgánicos. Durante el desarrollo de los nódulos y de la función fijadora, los bacteroides acumulan ácido B-hidroxi-butírico, el cual puede utilizarse, mediante la acción de la enzima poly- B-hydroxy-butirato-dehidrogenasa presente, en la producción de sustancias reductoras y ATP, necesarios para la fijación. Semejante mecanismo explicaría la ocurrencia de la actividad fijadora basal, observada en los sistemas simbióticos expuestos temporalmente a la oscuridad, sin ocurrencia de fotosíntesis. Por otra parte, en el proceso

respiratorio de los bacteroides, la glucosa parece ser degradada mediante el proceso de Entner-Dou-Doroff, mientras que los piruvatos resultantes serían utilizados mediante el ciclo tricarbóxico cuyos keto - ácidos, pueden actuar además como aceptores del amonio producto de la fijación. De acuerdo a este esquema, el ácido glutámico, sería el primer producto animado - producido, del que otros aminoácidos podrían sintetizarse mediante transaminaciones sucesivas, antes de la translocación del nitrógeno fijado, a los tejidos en crecimiento del hospedero.

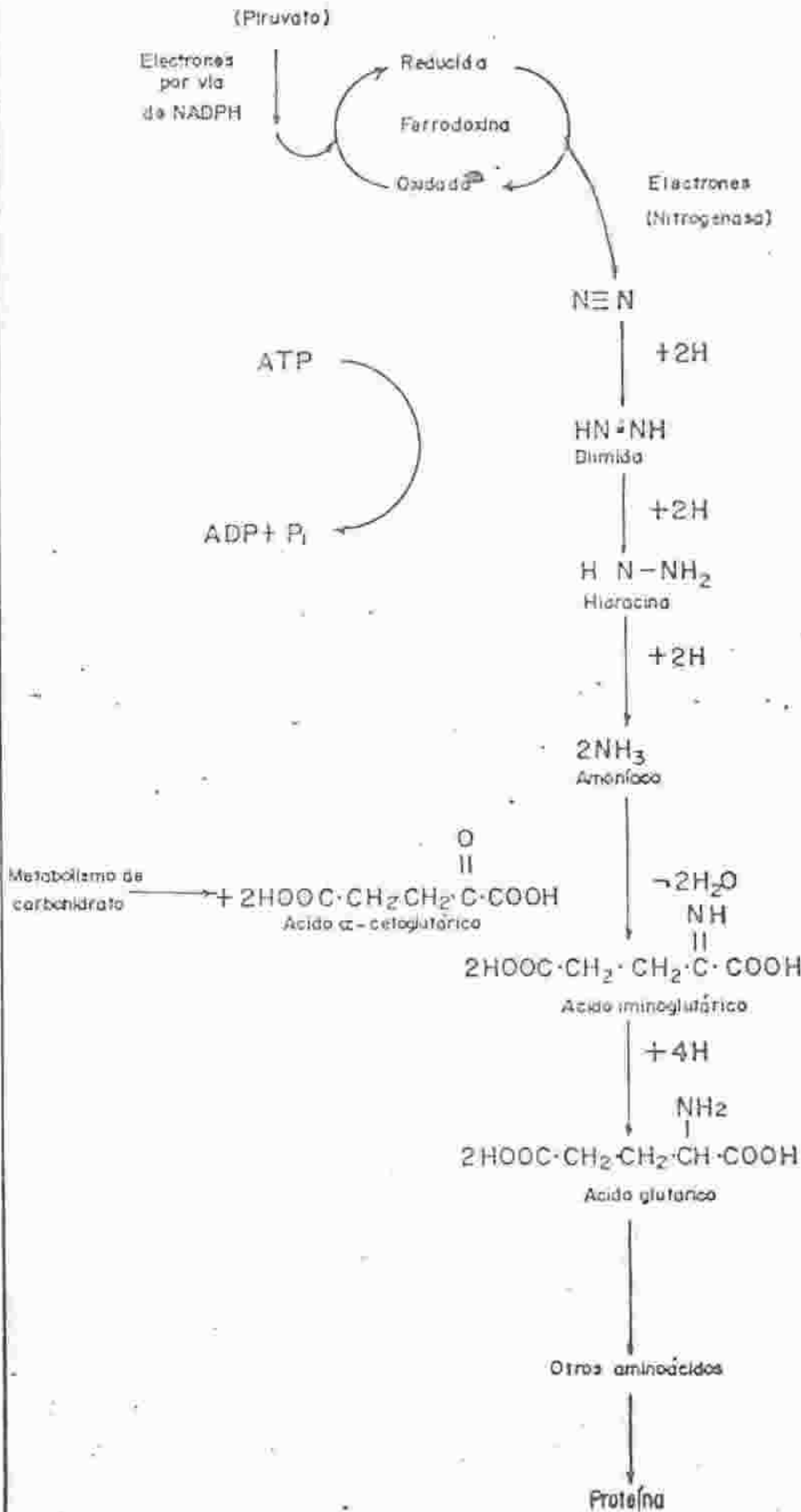
Otro aspecto interesante de la bioquímica de la fijación simbiótica de nitrógeno, lo constituye el efecto de inhibición competitiva del oxígeno sobre la función fijadora en sí, mientras que el mismo elemento promueve la misma función, mediante su papel en la respiración aeróbica de los bacteroides, y en la producción de ATP para la fijación. La ocurrencia de un tipo de hemoglobina dentro de los módulos, facilita la explicación de la aparente contradicción fisiológica. El pigmento, posee características similares a la hemoglobina animal y aunque se le han atribuido varias funciones en la fijación simbiótica de nitrógeno, su verdadera función, parece ser el transporte del oxígeno para la respiración y producción de ATP en el bacteroide, sin causar

inhibición de la nitrógenasa. La interpretación anterior, concuerda con la correlación positiva existente entre el contenido de la hemoglobina de los nódulos de las leguminosas y la actividad fijadora de nitrógeno de aquéllos, así como los patrones prácticamente paralelos en la dinámica de ocurrencia de la actividad fijadora y el contenido del pigmento en los nódulos.

Las plantas superiores que no forman simbiosis fijadoras de nitrógeno, usualmente, obtienen y metabolizan ese elemento a partir de la absorción del suelo y reducción enzimática de iones nitrato hasta amonio, con intervención de nitrato reductasa, ferredoxina y nitrato reductasa. La enzima nitrato reductasa, es inducible por el ión nitrato y no ocurre en plantas o microorganismos desarrollados a base de otra fuente de nitrógeno. Mientras que, la enzima en forma activa, ha sido detectada en nódulos de leguminosas, aún en los de plantas cultivadas sin nitratos, aunque no se ha determinado su función en el sistema. Tal situación constituye una peculiaridad de la simbiosis leguminosa - *Rhizobium*, dado que incluso existe una correlación positiva entre las actividades de nitrógenasa y nitrato reductasa en los nódulos de las leguminosas, así como un patrón semejante en la dinámica de sus actividades.

FIBURA N°2

MECANISMO DE LA FIJACION BIOLÓGICA DE NITRÓGENO



Las características fisiológicas y bioquímicas del sistema simbiótico leguminosa - Rhizobium, conjuntamente con aportes de la bacteriología general, constituyen la base metodológica para el estudio, manejo y aprovechamiento agronómico del sistema. De lo anterior, la posibilidad de aprovechamiento de sus bondades será, en cierta forma, función del conocimiento que de aquel posea. (22).

14 MEDIOS DE CULTIVO

140 Cultivos de Agar

Los cultivos de agar inclinado son los más convenientes por su simplicidad y porque no presentan dificultades para conservación de cepas aún cuando se los mantenga a temperatura ambiente (15° C) durante 6 meses. Baja temperatura (2° C) de almacenamiento permite conservar los cultivos en condiciones aceptables hasta 2 años.

De hecho, se tienen datos sobre muy larga supervivencia (10-16 años). La desecación constituye la amenaza más seria contra la viabilidad, pero pueden reducirse sus efectos utilizando tubos con tapa rosca o tubos de ensayo corrientes con una tapa aisladora de parafina líquida esterilizada. (23).

140.0

Medios Definidos

Para determinar más específicamente los requerimientos nutritivos de un organismo, su comportamiento metabólico y sus productos de crecimiento, se emplean medios de cultivo en los cuales el extracto de levadura es reemplazado por compuestos nitrogenados inorgánicos y por tanto por uno o varios aminoácidos, y generalmente por una o más vitaminas.

Los medios de cultivo moderadamente definidos y relativamente simples que resultan convenientes para demostrar las necesidades de una bacteria con respecto a un elemento mas bien secundario, como el Ca, se basan en medios con nitratos o con un sólo aminoácido, reportado por Vincent, 1962, Bergensen, 1961 . (24). Es probable que los elementos requeridos en cantidades menores se presenten en forma de impurezas salvo que se hayan adoptado precauciones especiales para su eliminación. Las posibilidades al respecto han quedado demostradas para el caso del cobalto, según Kliewar y otros, 1964. (24). Tal vez la naturaleza de la fuente nitrogenada y del suministro de vitaminas necesiten ajustes a fin de obtener condiciones óptimas para diferentes rizobios.

Recuentos en Cajas de Petri.

La cantidad total de rhizobios en un cultivo puro (viables y no viables) puede determinarse a través de la observación microscópica y utilizando el método que se utiliza comúnmente en los recuentos bacterianos.

La determinación del número de rhizobios vivos requiere a su vez, un método basado ya sea en las colonias formadas por un medio agarizado (recuento en cajas), o bien la recuperación de rhizobios de una serie de diluciones, según sea la formación de nódulos en un huésped adecuado. Este método tiene especial validez cuando en el material existen suficientes microorganismos no pertenecientes al género *Rhizobium* o rhizobios no específicos que introducirían confusión en el recuento en cajas de Petri.

El recuento en cajas requiere la preparación de una serie de diluciones (en general 1:10 por vez), para poder obtener con alguna de ellas entre 30 y 300 colonias. Deben tomarse precauciones para asegurar una dispersión homogénea inicial, la retención de la viabilidad en el líquido de las diluciones y una

correcta relación entre las diluciones sucesivas.

Para recuentos regulares en cajas de suspensiones de rhizobios puros se incorporan al medio agarizado alícuotas de 1 cc. Cuando se desea que todas las colonias estén sobre la superficie del agar (para facilitar el reconocimiento de rhizobios en presencia de otras bacterias, o bien para diferenciar las cepas por los caracteres distintivos de sus colonias), se extiende un volumen menor de la suspensión diluida sobre la superficie del agar, del que se habrá desalojado previamente el exceso de agua dejando las cajas recién preparadas durante una noche a 37° C en la estufa de cultivo. El procedimiento más utilizado es el siguiente: colocar 1 cc. de la dilución elegida dentro de una caja de Petri rotulada; luego de un breve lapso, cubrir la muestra con 15 cc. de agar extracto de levadura con manitol, fundido y mezclado por rotación varias veces en el sentido de las agujas del reloj, en sentido contrario de izquierda a derecha, vertical y horizontalmente. Se deja solidificar el agar y se incuba a 26-28° C manteniendo las placas en posición invertida durante 10 días para los de crecimiento lento.

Los recuentos se multiplican por el factor de dilución; para pro-

medios y fines estadísticos lo más conveniente es convertir a logaritmos (base 10) los datos así obtenidos.

Se obtienen buenos resultados en el recuento si se preparan cajas duplicadas de cada duplicado de las series de dilución. Las repeticiones adicionales dan mejores resultados con las series de dilución que con las cajas provenientes de las mismas series. (25).

15 TÉCNICAS ESPECIALES PARA ESTUDIAR LA INTERACCION
PLANTA RHIZOBIUM.

150 Ensayos a Campo

Si bien los experimentos en solarío y en invernáculo son muy útiles para una evaluación primaria de la capacidad simbiótica de una determinada combinación Rhizobium-huésped, la calificación definitiva depende del ensayo a campo.

Las consideraciones siguientes avalan esta aseercción:

1. En el campo pueden asegurarse una mayor diferenciación, como resultado de una nodulación efectiva. Esto dependerá - por supuesto, de la provisión de N asimilable del suelo a la planta y del grado en que las cepas efectivas que existen na-

turalmente en el suelo puedan confundir los resultados.

2. La asociación entre bacteria y huésped es objeto de examen en un medio natural y complejo.

Ejemplos de efectos asociados con el medio complejo que es el suelo son: la concentración de iones H y la humedad del suelo, que afectan la supervivencia y multiplicación de los rizobios; la interacción entre el huésped, rizobios medio ambiente, que afecta la competencia entre rizobios; la influencia de los iones calcio y de la temperatura sobre las funciones de nodulación y la deficiencia de molibdeno, que afecta las funciones del nódulo. Los éxitos en situaciones complejas, particularmente si éstas han sido elegidas para que proporcionen una sección transversal de las condiciones que probablemente han de imperar, revisten mayor significado práctico que los éxitos logrados en condiciones arbitrarias, por lo común relativamente favorables.

Los principios que se aplican en los ensayos con fertilizantes o con variedades de plantas son igualmente aplicables cuando se trata de inoculaciones con rizobios. Existe la

complicación adicional de que las bacterias vivas forman ahora parte del sistema experimental. Se requiere una atención especial para evitar mezclas accidentales o transferencias de rizobios, así como también debe adquirirse experiencia para reconocer si, una vez aplicado el inóculo, éste se ha establecido efectivamente.

150.1 Selección del Lugar

La selección puede estar determinada por razones estrictamente prácticas, por ejemplo la necesidad de investigar un suelo o un lugar en particular. Por otra parte, puede obedecer al hecho de que se trata de una zona especialmente conveniente para una determinada investigación. Los suelos con bajo recuento de rizobios y bajo N disponible son probablemente los más útiles para el ensayo de cepas, aunque a menudo requieren de algún tipo de mejoramiento para asegurar la supervivencia del rizobio y una completa expresión de la simbiosis. Además, si se desea probar la capacidad competitiva de una cepa, es preciso que existan muchos rizobios en el suelo elegido. La capacidad para saber diferenciar entre la nodulación resultante del experimento y la debida al rizobium presente será una parte esencial de este tipo de investigaciones. Si es posible, el lugar debe estar lo -

suficientemente nivelado a fin de evitar un lavado superficial después de una fuerte lluvia; también debe estar protegido - contra los daños que puedan causar los animales, las pestes y la interferencia del hombre. El tamaño del área se determinará teniendo en cuenta el tamaño de las parcelas, la cantidad de tratamientos y el método de siembra, en relación - con la disponibilidad de maquinaria y mano de obra. La heterogeneidad que se espera en un área (en lo que atañe a sus características con respecto al rizobio u otras) habrá de influir en el tamaño de las parcelas y en el número de repeticiones. La siembra con máquina permite parcelas más grandes y exige un área mayor con algún desperdicio como consecuencia del espacio requerido para las maniobras de las máquinas. La siembra a mano limita el tamaño de las parcelas por el trabajo que implica, pero facilita la tarea en pequeñas parcelas.

150.2 Procedimientos Experimentales

Se deben tomar decisiones acerca del grado de similitud que ha de registrarse entre el ensayo y las condiciones prácticas, o acerca de si deben evitarse algunos procedimientos prácticos con el propósito de maximizar la probabilidad del esta-

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

blecimiento del inóculo. Cuando el propósito perseguido es comparar la eficacia de la fijación de N en una colección de cepas, es razonable usar fertilizantes, ajustar el pH y utilizar un inoculante denso para aumentar la probabilidad de que las cepas en estudio produzcan efectivamente nódulos. También puede hacer falta riego para evitar sequía. Por lo demás, si se persigue el propósito de comparar la capacidad de las cepas para sobrevivir y nodular en el campo, será el caso de incluir condiciones más exactas así como también las más favorables.

150.3 Aplicación de Fertilizantes

La distribución homogénea de fertilizantes sobre la superficie de la parcela disminuirá el riesgo de un efecto desfavorable sobre el inóculo, pero requerirá una aplicación más densa para superar deficiencias importantes o para incrementar el pH. En lo que se refiere al rizobio, la aplicación del fertilizante o el encalado en el surco mismo pueden afectar el ambiente inmediato a las plántulas en forma favorable o desfavorable. El uso de CaCO_3 como polvo de peleteo puede causar una elevación localizada del pH, lo suficiente como para asegurar la nodulación en un suelo moderadamente ácido. Por

otro lado, la presencia de un fertilizante ácido o de uno que contenga un exceso de microelementos, en las proximidades de una semilla inocuada, puede reducir la inoculación.

150.4

Inoculación

El comportamiento de las cepas puede verse afectado en alguna medida por la forma del inóculo y la cantidad de bacterias que éste contenga. A menos que el mismo ensayo a campo proporcione una comparación, el procedimiento de inoculación deberá seguir las normas de práctica común en la región (cultivos en agar o turba, semillas sin peletear o peleteadas: número en relación con los estándares requeridos en los inoculantes comerciales). Un nivel de inóculo equivalente a un cultivo de buena calidad, que dé entre 1.000 y 10.000 rizobios viables por semilla en el momento de la siembra, es generalmente satisfactorio. Siempre que sea posible, deberá determinarse y registrarse el tamaño del inóculo aplicado.

150.5

Evaluación

Cuando el nitrógeno es un factor limitativo, la apariencia y el rendimiento de la porción aérea de las plantas dan una buena

indicación acerca del éxito relativo del inóculo. Los resultados de los ensayos de campo se expresan generalmente en términos del peso seco de la planta y/o semilla sobre una superficie determinada, o como rendimiento en N. El valor de los datos de N puede apreciarse por los resultados obtenidos en la alfalfa por Schiffman, 1958. El más alto porcentaje de nitrógeno encontrado en las plantas noduladas eficazmente (2.7, 3, 7), comparado con el de los testigos no inoculados severamente limitados (1.3 - 2.5%) permitió una mejor diferenciación entre la mayoría de los tratamientos. Otros datos con trébol y tres especies tropicales también han demostrado que las cifras correspondientes al rendimiento de N total sobrepasan la diferenciación ya asegurada con los pesos secos (Bowen, comunic. pers.). El investigador tendrá que decidir por sí mismo hasta qué punto una diferenciación adicional habrá de justificar el aumento considerable de trabajo involucrado en las determinaciones de N.

Si bien el rendimiento de una parcela da una medida general del éxito de la inoculación, las causas de las diferencias entre los distintos tratamientos resultan más evidentes cuando el resultado se refiere a la proporción de plantas noduladas y se ex-

presa en términos de rendimiento en cada una de ellas. Si la nodulación es claramente diferenciable como "eficaz" o "ineficaz", las plantas noduladas deberán también agruparse según este mismo criterio.

Una clasificación basada en la nodulación resulta a menudo difícil. Cuando los rizobios naturales son escasos o claramente ineficaces, el establecimiento logrado por el inóculo más eficaz puede apreciarse mediante un examen directo de la presencia, forma y posición de los nódulos. Esto último puede también dar un indicio de la rapidez con que se ha establecido el inoculante.

Las estimaciones visuales progresivas son importantes, pero la evaluación definitiva es indispensable que se determine por el rendimiento. (26).

150.6

Respuesta a la Inoculación a Campo

La respuesta a la inoculación es una prueba positiva; la falta de respuesta puede ser debida a: a) que la nodulación natural es adecuada; o b) que el inóculo aplicado no se estableció por fallas de sobrevivencia o en su capacidad colonizadora o por competencia de rizobios del lugar; o c) que hay condiciones

desfavorables para la formación y funcionamiento de los nódulos (humedad, temperatura, deficiencia nutricional, N combinado). (27).

150.7

Aplicaciones de Nitrógeno

Estos tratamientos se emplean para relacionar el N fijado - respecto a su equivalencia con los fertilizantes nitrogenados. - Se deberá aplicar de manera tal que un nivel de N₃ dé lugar a una situación donde el N no sea limitante. Se deben ajustar el tiempo y el método de aplicación a las condiciones del lugar. - Finalmente puede medirse la contribución del nitrógeno fijado - simbióticamente con respecto al N aplicado al tratamiento.

El mejoramiento del suelo tiene el objeto de asegurar que las - condiciones son satisfactorias para la sobrevivencia y multiplicación de los rizobios, para un desarrollo normal de las plantas y para la nodulación y el funcionamiento nodular. Según las características del lugar y la leguminosa que interviene puede ser necesario agregar al suelo, lo siguiente: CaCO₃ (ajuste del pH), P, K, S y vestigios de Mo, Bo, Cu, Zn, Co, Mn. Comparaciones apropiadas permitirán distinguir entre el mejoramiento general en el crecimiento de la planta y los mejoramientos dependien-

tes de la simbiosis. El porqué de cualquiera de estos efectos específicos podría requerir una investigación más detallada; el primer paso sería defendernos de toda condición persistente que tenga probabilidades de interferir en el crecimiento de la planta en general o en la simbiosis en particular. (28).

150.8

Observaciones y Recolección

1. Nodulación. Se deben tomar notas de la nodulación de por lo menos 20 plantas elegidas al azar y extraídas cuidadosamente a las 4-6 semanas (o más si es necesario para una mejor diferenciación) de aquella parte de parcela no involucrada en la evaluación de la cosecha. Se registrará la presencia o ausencia de nódulos, su localización sobre raíz primaria o secundaria y apariencia (grandes o pequeños, rosados o blancos). Se recomienda realizar un simple corte a mano del nódulo e inspeccionar con una lupa o con un microscopio de pequeño aumento para la determinación del color.

2. Evaluación progresiva. El cultivo debe ser evaluado visualmente por el vigor y color de las plantas, una, dos o varias veces durante el principal período de crecimiento.

3. Cosecha. A los fines de determinar rendimiento se cosechará el total de una porción conveniente de cada tratamiento. Los criterios más valiosos son el peso seco en horno (desecación hasta alcanzar peso constante), el porcentaje de N y el N total. (29).

16 LA PRODUCCION, CONTROL Y USO DE INOCULANTES PARA LEGUMINOSAS.

La inoculación de semillas de leguminosas antes de la siembra involucra el esparcimiento de un número suficiente de rizobios específicamente invasores y efectivos sobre la superficie de la semilla de manera de aumentar las posibilidades de que la joven planta sea nodulada por bacterias seleccionadas. El propósito es establecer en la rizosfera de la plántula una población vigorosa de la o las cepas aplicadas para alcanzar una nodulación temprana y efectiva.

El primer requerimiento de la inoculación es que proporcione a la semilla un número suficiente de rizobios apropiados. El segundo es que la bacteria debe ser aplicada en una forma y bajo condiciones tales que le den una buena posibilidad de sobrevivencia. En tercer lugar, el medio donde se implanta la semi-

lla debe permitir una colonización de la rizosfera por el rizobio, la formación del nódulo y su funcionamiento efectivo.

160

Forma y Producción de Cultivos

Existen dos formas principales de cultivos. El rizobio puede ser usado como una suspensión de un cultivo puro crecido sobre agar, o menos corrientemente, en medio líquido. O bien puede ser suministrado mezclado íntimamente con un portador (suelo, mezcla suelo-turba o suelo altamente orgánico) el cual puede o no haber sido esterilizado previamente.

La elección de cómo preparar un inóculo, depende de algunos factores tales como: a) magnitud del pedido (por ejemplo, los cultivos en agar presentan menos dificultades cuando se los prepara en pequeñas cantidades pero son menos aptos para la producción en gran escala); b) consideraciones de organización (por ejemplo, sólo es posible utilizar volúmenes grandes de ineculantes líquidos en forma inmediata y en lugar cercano; cultivos en turba o similares son especialmente adecuados para su distribución a largas distancias y para un largo almacenamiento); c) la disponibilidad de materiales (que determina el tipo de portador); d) el énfasis puesto en que el producto final

esté libre de contaminantes no rizobianos (por ejemplo, cultivos puros sobre agar, turbas esterilizadas comparadas con las no estériles); e) la importancia de la sobrevivencia en la semilla inoculada (por ejemplo la superioridad de cultivos en turba frente a los de agar o líquidos y la muy mala sobrevivencia de los cultivos liofilizados. (30).

160.1 Inoculantes de Cepas Múltiples

Estos se presentan en dos formas: a) como cepas múltiples pertenecientes al mismo grupo de inoculación; b) para proporcionar rizobios simultáneamente a dos grupos de inoculación con el fin de facilitar su comercialización (por ejemplo, alfalfa y trébol).

Los cultivos múltiples dentro de un grupo de inoculación han sido desarrollados empíricamente como un medio de defenderse contra la pérdida de capacidad invasora de un determinado cultivo o frente a un comportamiento inferior en ciertas situaciones. Estos cultivos dan una seguridad parcial contra la pérdida de efectividad en la fijación de nitrógeno, siempre que la cepa inefectiva no se sobreponga al desarrollo o a la nodulación de la cepa efectiva y posiblemente también frente a una infección de

fagos.

En el segundo caso no tiene porqué haber problemas especiales si las dos cepas de los rizobios se desarrollan separadamente en la etapa de caldo, si en la turba una de ellas no se desarrolla mucho más que la otra y si no hay gran desarrollo rizobiano específico en la rizosfera después de la inoculación que suprima o retarde la nodulación con la cepa específica.

Sin embargo, hasta ahora el uso de inoculantes con cultivos mixtos se ha apoyado en muy poca investigación seria. Una o dos de las cepas pueden desarrollarse de tal manera que el cultivo final estará formado casi enteramente por las cepas dominantes, no necesariamente las mejores en el comportamiento a campo. Para realizar la mezcla deberá esperarse por lo menos hasta que las cepas hayan alcanzado separadamente su máximo desarrollo. En la práctica, con cultivos en turba, esto equivale a mantenerlas separadas hasta el momento de su mezcla con el portador.

La situación es más seria aún cuando la mezcla incluye cepas no del todo eficaces para todos los huéspedes recomendados.

Las informaciones con que se cuenta hasta el presente no permiti-

ten asegurar que no habrá una cantidad significativa de nodulación inefectiva o parcialmente efectiva. Por esto, los cultivos mixtos deberán contener únicamente cepas que sean plenamente efectivas con todos los huéspedes recomendados.

160.2 Cultivos sobre Agar

Los cultivos sobre agar pueden ser convenientemente productivos para satisfacer una demanda relativamente pequeña, particularmente si esto se combina con las necesidades para cultivos diversos y algo más especializados. El medio será similar al usado comúnmente en el laboratorio para el cultivo de rizobios, pero puede ser modificado. Tan pronto como el número de cultivos sobrepase la centena, será importante la utilización de procedimientos más rápidos y semiautomáticos para la inoculación. Los tubos o botellas de vidrio hasta una capacidad de 500 cc. son envases más prácticos tienen la ventaja que permiten la inspección pero son pesados.

El rendimiento de un buen desarrollo en un tubo inclinado con 10 cc. de agar es alrededor de 10.000×10^6 bacterias. Para cultivos mantenidos a temperatura ambiental la sobrevivencia es mediana y buena cuando se los refrigera.

160.3 Desarrollo en Caldo.

Generalmente no existe ninguna dificultad en obtener cultivos puros de Rhizobios viables con un recuento de por lo menos 500×10^6 /cc. Más a menudo se obtienen 2.000×10^6 y es común alcanzar 400×10^6 o más. Los cultivos de desarrollo lento (como *Rhizobium lupini*) nos han resultado más difíciles de obtener, pero algunos (por ejemplo el caso de cultivos para *Lotenonis*) pueden ser mejorados por el uso de una fuente especial de Carbono (galactosa o arabinosa, esterilizadas por filtración bacteriológica).

Un inóculo grande tiene mucho valor en el sentido de reducir el tiempo necesario para obtener un desarrollo suficiente y también los riesgos asociados con un contaminante ocasional. Inóculos más densos son probablemente ventajosos. (31).

17 FACTORES QUE AFECTAN LA NODULACION Y LA FIJACION DE NITROGENO.

La capacidad del *Rhizobium* para causar nodulación y posteriormente fijar nitrógeno depende de factores asociados al suelo,

la planta, el microorganismo y la interacción entre ellos.

Las diferentes razas o cepas de una misma especie de *Rhizobium* varían en su capacidad de causar nodulación y fijar nitrógeno con hospederos de su grupo. Un caso conocido de este tipo de especificidad es el que se presenta en soya, donde se ha encontrado que diferentes cepas se comportan en forma diferente en las variedades de planta.

Los factores ambientales en muchos casos determinan en qué grado ocurre la nodulación y la fijación de nitrógeno. Algunas especies y/o razas de *Rhizobium* son susceptibles a la temperatura y su capacidad para fijar nitrógeno puede disminuir a temperaturas cercanas a 30°C aún en el caso de que sean eficientes a 25°C según Graham 1973 (32). Esto puede tener gran importancia en condiciones tropicales.

El pH del suelo es otro factor importante. Algunas especies de *Rhizobium* como *R. phaseoli* son sensibles a la acidez y sus células, cuando el pH es bajo, pueden morir antes de que se formen los nódulos. Este problema puede solucionarse mediante el revestimiento de la semilla inoculada con cal u otros materiales. Actualmente hay muchos interrogantes

sobre este aspecto que deben ser investigados.

18. ASPECTOS NUTRICIONALES DE LA POBLACION

Miles de toneladas de alimentos se consumen cada día en cada parte del mundo. El consumo de alimentos constituye la actividad más grande del hombre y por lo tanto, su producción y distribución absorbe la mayor cantidad de trabajo humano. Sin embargo cada día se hace más difícil conseguir alimentos. El proceso se hace más caro y los precios escalan ascendentemente sin descanso, convirtiéndose los alimentos en la estrategia vital de la supervivencia universal.

La complicada situación mundial de la industria de producción, procesamiento y mercadeo de alimentos hace necesarias grandes investigaciones en búsqueda de urgentes soluciones al creciente problema de la escasez y del alza constante de precios (33).

180

Consumo Nacional de Alimentos

Por grupos de productos para el año 1976 su orden de consumo en peso es el siguiente:

- a. RAICES Y TUBERCULOS: 1.65 millones de toneladas (incluye papa, yuca y arracacha).
- b. PRODUCTOS PROTEICOS DE ORIGEN ANIMAL: 1.75 millones de toneladas al año (carne, leche, huevos, pescado).
- c. GRANOS: 1.5 millones de toneladas al año (arroz, maíz, trigo, fríjol, lenteja, arveja).
- d. PRODUCTOS PROCESADOS: 969.000 toneladas al año (mantecas, aceite, azúcar, panela).
- e. HORTALIZAS Y VERDURAS: 961.000 toneladas al año (plátano, cebolla, haba, tomate, repollo, zanahoria).
- f. FRUTAS: 150.000 toneladas al año (guayaba, banano, naranja).

Por productos en orden a su consumo en pesos son los siguientes:

- | | | | |
|----------|------------|-------------|---------------|
| 1. Papa | 8. Trigo | 15. Pescado | 21. Naranja |
| 2. Leche | 9. Maíz | 16. Cebolla | 22. Arracacha |
| 3. Arroz | 10. Azúcar | 17. Huevos | 23. Repollo |

4. plátano	11. Tomate	18. Fríjol	24. Manteca
5. panela	12. Aceite	19. Arveja	25. Guayaba
6. carne	13. Banano	20. Zanahoria	26. Haba
7. yuca	14. Manteca Vegetal		27. Lenteja

180.1 Consumo por productos y Regiones.

a. GRANOS.

Su consumo en general es proporcional a la población en todas las regiones con un ligero mayor valor en la Costa Atlántica y Antioquia, especialmente en virtud del mayor consumo de arroz en la Costa y de fríjol y maíz en Antioquia.

b. RAICES Y TUBERCULOS

La Región Central (Cund. Boyacá y Meta) con un 25% de la población consume el 57% de la papa y el 45% de la arracacha que se consume en el país. La Costa Atlántica es el primer consumidor de yuca ya que con un 18% de la población representa el 33% del consumo nacional.

Es de destacar igualmente el alto consumo de yuca en la región Santandereana en la cual con un 8.8% de la población absorbe el 15.7% y el alto consumo de arracacha en la región sur-central (Tolima, Huila, Caquetá) en la cual con el 7.5% de la población consume un 16% de este producto.

c. PRODUCTOS PROTEICOS DE ORIGEN ANIMAL.

Siendo relativamente proporcional el consumo de estos productos como grupo, en cada región alcanza a destacarse:

- i) El bajo consumo de leche en las regiones antioqueñas, occidental y sur-central, a causa de un relativo mayor consumo en Cundinamarca y Bogotá.
- ii) El alto consumo per capita de pescado en la Costa Atlántica donde el 18.3% de la población nacional consume el 58.8% del pescado que se consume en el país.

d) HORTALIZAS Y VERDURAS.

En este grupo de productos sobresale la región occidente como aquella donde el consumo es más que proporcional a su población y en relación al resto del país.

Los productos que generan esta proporción son el plátano del cual se consume el 33%, las habas cuyo consumo alcanza el 45% y el tomate con un 34%, siendo su población el 24% del total nacional (34).

Las encuestas de consumo de alimentos realizadas por el antiguo Instituto Nacional de Nutrición en diferentes regiones del país, se encontró un franco déficit en la adecuación del consumo de calorías, proteínas, calcio, vitamina A, tiamina, riboflavina, y niacina. Se encontró igualmente, que el 93% de las familias presentó algún déficit en el consumo de calorías y nutrientes, particularmente en los estratos de menores recursos económicos y en las zonas rurales. Los estudios antropométricos y de crecimiento físico realizados por el mencionado Instituto revelan que la carencia de nutrientes, especialmente de proteínas durante los primeros meses de vida, afecta el peso y talla del niño llegando a producir alteraciones definitivas en su patrón antropométrico y atrofiar en sus facultades intelectuales (35).

Las condiciones físicas y naturales con que cuenta un país, son sin duda un importante punto de partida analítico para el

estudio de la nutrición y la alimentación en la medida en que dan cuenta, no sólo de su capital biológico, sino de las potencialidades productivas del sector agrario y de los requerimientos básicos de inversión y tecnología.

El país cuenta con una proporción relativamente baja de suelos que poseen condiciones óptimas para una explotación inmediata e intensiva en la agricultura y ganadería (8.4%) y con sólo el 3.7% de tierras social y económicamente mecanizables. Las tierras que requieren de adecuación moderada o intensiva representan algo más del 23% del total del país geográfico. Por otra parte, la ganadería y la agricultura mecanizadas ocupan una superficie de 1.3 millones de hectáreas sobre el total de 4.3 potencialmente mecanizables. Respecto de los suelos que deberían destinarse a cultivos permanentes y a ganadería extensiva, se estima que estas tierras ocupaban 1'484.842 hectáreas más de las que normalmente deberían destinarse a dicha actividad, lo que significa que la ganadería se ha extendido a costa de las tierras arables y de los pastos intensivos.(36).

La evolución del sector agropecuario desde 1950 ha sido desigual. Mientras que la agricultura comercial (aquella que sirve de materia prima tanto para la industria de alimentos como pa-

ra otras industrias) ha experimentado notorios incrementos en producción, aplicación de tecnología moderna y uso intensivo de capital, el crecimiento de los productos de consumo alimenticio directo no ha experimentado ningún signo de modernización, no obstante que la agricultura colombiana produce fundamentalmente alimentos de consumo directo (el 60% del valor de la producción agrícola en 1968).

De otra parte, los cultivos comerciales se ubican fundamentalmente en las grandes explotaciones con una alta productividad física, en tanto que los alimentos de consumo directo se ubican en la pequeña o mediana explotación (menos de 20 hectáreas).

En los últimos años, puede observarse no sólo un ensanchamiento de la brecha de productividad entre los dos tipos de agricultura, sino una tendencia al desplazamiento de los cultivos comerciales, como lo indica el rápido crecimiento de la superficie cosechada en estos y el estancamiento o descenso en algunos casos de esa superficie para los cultivos de baja productividad.

Respecto de la evolución del nivel tecnológico debe señalarse una significativa variación en cuanto al consumo de insumos no tradicionales, particularmente en el sector comercial. Las ventajas

de la tecnología moderna, especialmente el uso de maquinaria y fertilizantes, se orienta fundamentalmente hacia las grandes explotaciones de tipo comercial, ya que los altos costos de la maquinaria y el crecimiento en los precios externos de los fertilizantes sólo pueden ser compensados por un significativo aumento en los rendimientos físicos. Por otra parte las imperfecciones del mercado de crédito, orientado en su mayor parte hacia el sector comercial, posibilitan el crédito para los productores comerciales, en tanto que la agricultura de baja productividad, no sólo por sus bajos rendimientos físicos sino por la poca disponibilidad de crédito para ella, no tiene posibilidades de modernización tecnológica (37).

Si bien el consumo de alimentos se encuentra determinado, principalmente, por los ingresos familiares su selección y orden de preferencia está determinado en cambio por las costumbres y hábitos alimenticios prevalecientes en la cultura local; en particular por los niveles educativos y patrones culturales relacionados con hábitos y tabús alimentarios, prácticas de destete y creencias y prácticas sobre salud y enfermedad, y los hábitos higiénicos basados en ellos.

Los estudios llevados a cabo por la Dirección de Nutrición del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, muestran la existen-

cia en la comunidad de hábitos y creencias erradas que contribuyen en buena proporción a la desnutrición entre sus miembros. (38).

181

Estado Nutricional de la Población.

El incremento de la población mundial ha generado una carencia de alimentos. No existen mayores dudas, ya que existen en el mundo más personas hambrientas que nunca tanto en números absolutos como porcentaje de la población mundial total. Según la mayoría de los cálculos, más de 500 millones de personas o sea, aproximadamente una de cada nueve que habitan el globo padecen de desnutrición grave hoy en día, mientras que en la década de los años 50 de cada 14 a 25, una padecía de desnutrición. (39).

Respecto a la magnitud e importancia del problema nutricional de la población colombiana este, no sólo tiene marcada incidencia desde el punto de vista social al considerar el elevado porcentaje de población infantil que presenta distintos grados de desnutrición con sus efectos en las tasas de mortalidad infantil sino que trasciende a la esfera educacional y económica convirtiéndose en un factor limitante para el desarrollo del país.

Es así como, la desnutrición era y es el enemigo oculto y el síntoma más grave de la enfermedad social del país. En Colombia hay 2'000.000 de niños desnutridos, sólo contando la población infantil menor de 5 años que son el 14% de la población del país, ocurre el 43% de las muertes diarias en Colombia, ahora bien de cada 1.000 niños que nacen vivos en Colombia 64 mueren antes de cumplir el primer año de edad; siendo lo más alarmante que el 61% de esas muertes tiene como una de sus causas principales la desnutrición. El grado de mortalidad no se debe porque en el país existen enfermedades incontroladas sino simplemente porque el hambre mina su organismo hasta que termina en la muerte. (40).

Sin embargo, quienes sobreviven empiezan a protagonizar una agonía social. Son los colombianos denominados por el pediatra Roberto Rueda Williamson como "Enanos Nutricionales" o "Retardados Mentales". También afirma que "el niño desnutrido grave es un minusválido" refiriéndose a más de 500.000 niños colombianos menores de 5 años quienes se aproximan a la etapa crítica de la desnutrición, o sea al tercer grado, y por ende, los otros 2.000.000 menores de 5 años que sufren de desnutrición, protagonizan la agonía social del país. Señala

lando "que la enfermedad social del país es la pobreza y su síntoma más grave es la desnutrición".

Por consiguiente esa desnutrición se traduce en resultados tan inquietantes como ser la principal causa para que la deserción escolar colombiana sea el 78% o que la mortalidad y la morbilidad infantil en Colombia sea de las más altas en Latino América.

De esta manera, avanza un país donde de cada 100 niños por lo menos 60 tienen problema de desnutrición. Entonces se trata que de cada 100 colombianos más de la mitad son disminuidos física e intelectualmente y por simple y llana falta de comida se está propiciando una raza de sub-hombres (41).

TABLA 2 CONSUMO NACIONAL DE ALIMENTOS POR PRODUCTOS Y GRUPO DE PRODUCTOS 1/ AÑO 1976 (Toneladas)

PRODUCTOS.	TOTAL
POBLACION	22.583.755
GRANOS (Arroz, Maíz, Trigo, Fríjol, Lenteja, Arveja)	1.517.752
HORTALIZAS Y VERDURAS (Plátano, cebolla, Haba, Tomate, Repollo, zanahoria): Haba.....	961.317 19.901
FRUTAS (Guayaba, Banano, Naranja)	148.982
RAICES Y TUBERCULOS (Papa, Arracacha, Yuca)	1.657.893
PRODUCTOS DE PROTEINA ANIMAL (Carne, Leche, Huevos, Pescado)	1.755.988
PROCESADOS (Manteca vegetal, Manteca Animal, Aceite, Azúcar, Panela)	
TOTAL	7.010.949

1/ Calculados con base en el consumo per-cápita regional observado en la Encuesta de Dietas del I.C.B.F. (1972), en el consumo aparente estimado por el IDEMA para Trigo, Aceites y Grasas y en la población estimada por el DANE para 1976.

TABLA 3. NUMERO DE DEFUNCIONES POR GRUPOS DE EDAD SEGUN
RESUMEN NACIONAL CAUSA Y SEXO 1977.

CAUSA	SEXO	Menores de 1 año	1 a 4 años	5 a 14 años	15 a 44 años	45 a 64 años	65 y más años	TOTAL
DESNUTRICION	Hombres	733	427	75	77	113	210	1649
	Mujeres	624	419	82	75	90	218	1516
	TOTAL	1357	846	157	152	203	428	3165

DANE "Defunciones a Nivel Nacional" Bogotá 1977

TABLA 4 PRODUCTO: LEGUMINOSAS · GLASE O VARIEDAD: HABA VERDE
 PROCEDENCIA: NARIÑO Y CUNDIMARCA

VOLUMEN MENSUAL APROX. TON.	MAYO	JUNIO	JULIO
	1,596	2,275	1,875
UNIDAD DE COMER- CIALIZACION	MAYO	JUNIO	JULIO
	Bulto 45-50 kilos	Bulto 47.5 kilos	Bulto 47.5 kilos
	Bulto 45-50 kilos	Bulto 47.5 kilos	Bulto 47.5 kilos
	Bulto 50 kilos	Bulto 50 kilos	Bulto 50 kilos
	Bulto 50-55 kilos	Bulto 52.5 kilos	Bulto 52.5 kilos
PRECIO PROMEDIO 1981 (U. Comercz.)	MAYO	JUNIO	JULIO
	555.00	574.00	742.00
PRECIO PROMEDIO 1980 (U. Comercz.)	MAYO	JUNIO	JULIO
	407.50	404.00	421.00
VARIACIONES	(1) %		
	MAYO	JUN	JUL
	86.00	19.00	168.00
	(2) %		
	MAY	JUN	JUL
	18.3	3.4	29.3
	(3) %		
	MAY	JUN	JUL
	- 0.9	- 0.9	4.2

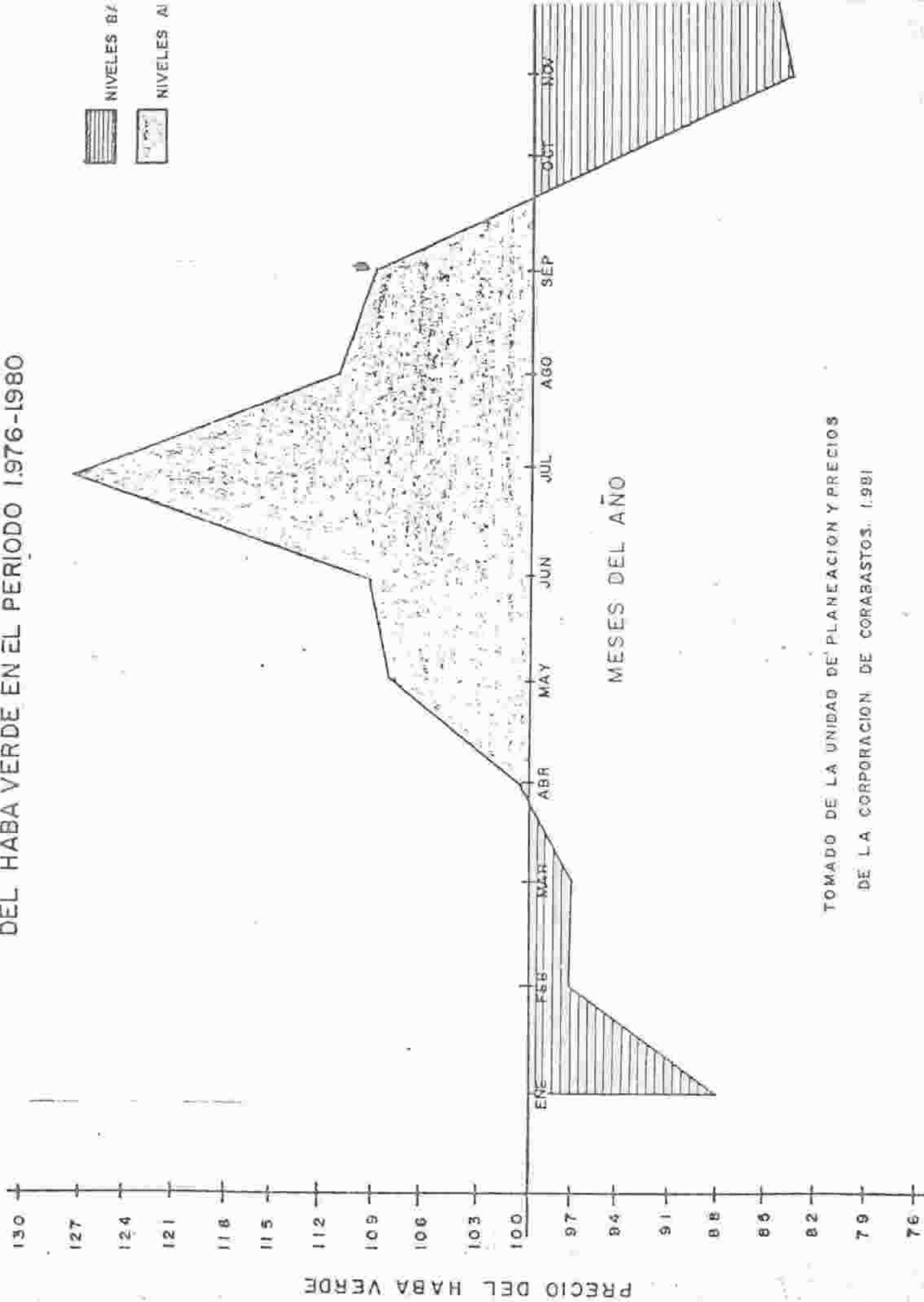
Tomado de: Boletín Informativo Mensual sobre el Comportamiento del Mercado Mayorista
 de CORABASTOS S.A.

TABLA 5. PRECIO PROMEDIO MENSUAL DE VENTA DE MAYORISTA-DETA LLISTA
 HABA VERDE BULTO DE 50 KILOS

Fecha	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1978	297.80	324.10	384.78	377.75	428.30	472.13	538.33	405.25	341.50	391.69	324.20	271.
1979	405.00	481.25	509.38	547.92	624.50	548.13	465.00	356.58	337.50	332.50	262.50	346.
1980	441.33	438.75	468.75	435.66	393.75	336.13	457.00	481.88	445.00	431.00	433.13	437.

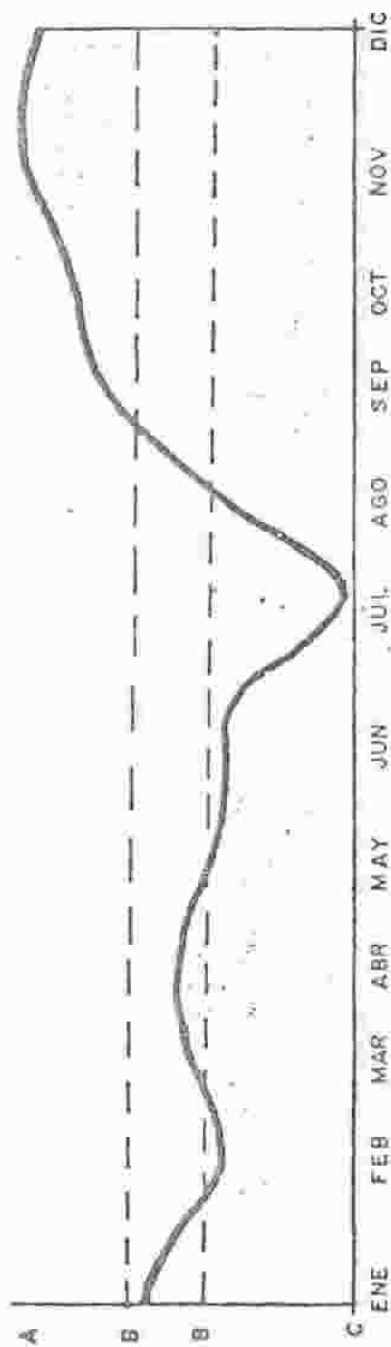
Tomado de: Corporación de Abastos de Bogotá S.A. "CORABASTOS"
 Unidad de Planeación y Precios 1981.

VARIACIONES ESTACIONALES DE LOS PRECIOS DEL HABA VERDE EN EL PERIODO 1.976-1980



TOMADO DE LA UNIDAD DE PLANEACION Y PRECIOS DE LA CORPORACION DE CORABASTOS. 1.981

HABA VERDE

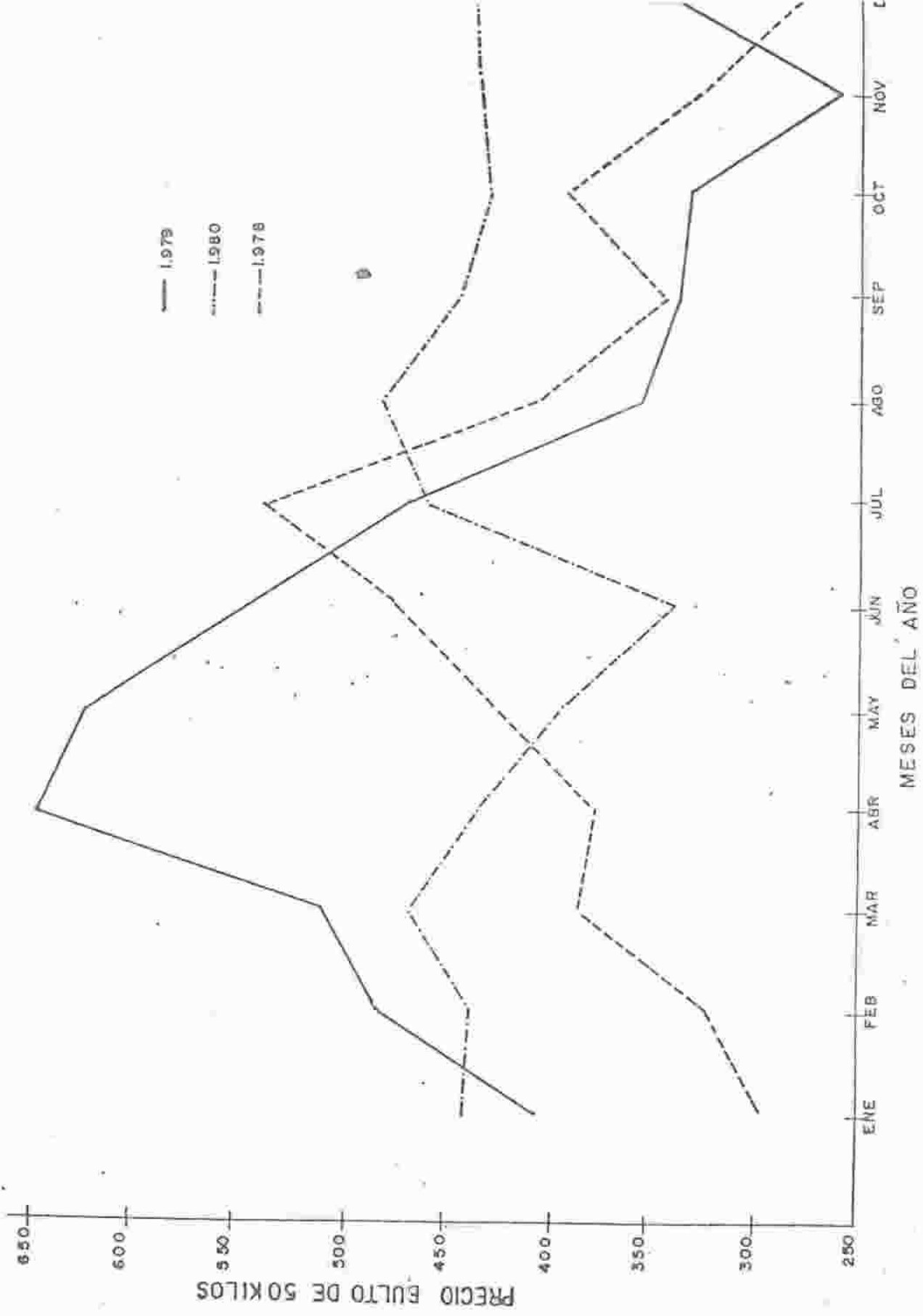


ABASTECIMIENTO

- A • ABUNDANTE
- B • NORMAL
- C • DEFICIENTE

TOMADO DE LA UNIDAD DE PLANEACION Y PRECIOS
DE LA CORPORACION DE CORABASTOS, 1981

PRECIO PROMEDIO MENSUAL DE VENTA DE MAYORISTA A DETALLISTA - HABA VERDE



TOMADO DE LA UNIDAD DE PLANEACION Y PRECIOS DE LA COOPERACION DE COMERCIO

CITAS

- 1/ GUTIERREZ, V, Manual Práctico de Botánica Taxonómica, Universidad Nacional de Colombia 1968, p.28.
- 2/ GARCIA, R.,A, Horticultura, Barcelona, 1952, p.441.
- 3/ Ibid., p. 234
- 4/ LITZENBERGER, S.C. Guía para cultivos en los trópicos y sub-trópicos, México, 1976, p.210.
- 5/ _____ Manual práctico de Botánica Taxonómica, Universidad Nacional de Colombia 1970, p.594.
- 6/ HIGUITA, M.F. y OSORIO B.J, ICA-Teusacá, Primera variedad mejorada de haba contenida en Colombia, ICA, Bogotá 1975, pp. 1-2.
- 7/ LITZENBERGER, S.C. op. Cit p. 132.
- 8/ RODRIGUEZ, Z. E, El cultivo de las habas, ICA, Bogotá, 1971, pp. 1-4.
- 9/ HIGUITA M. Fabio, Algunos Aspectos del Cultivo de las Habas en Colombia, publicación ICA, Colombia, 1969, pp. 1-27.

- 10/ MEYER, V.S; ANDERSON, D.V. y BOHNING, R.H., Introducción a la Fisiología Vegetal, Buenos Aires, 1966, p. 345.
- 11/ _____ El Proceso de Germinación ICA/Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 1974, pp. 11-14.
- 12/ CROCKER, W. and BARTON, L.V., Physiology of seed, USA, 1957, p.267.
- 13/ CARPENTER, L. Philip, Microbiología, México, 1979, p.21
- 14/ Ibid., pp. 2-6.
- 15/ MILLER, ERSTON, V., Fisiología Vegetal, México, 1967, p. 224.
- 16/ LORA, S.R, Los Micronutrientes y su importancia en la Agricultura, Compendio No. 23, ICA Bogotá, 1978, pp.164-189.
- 17/ MOTTA, M. de B. Efectos de Métodos de Fertilizantes con molibdeno en los rendimientos de la coliflor, ICA/ Universidad Nacional, Bogotá, 1973, pp. 16-17.
- 18/ MOTTA, M. de B, Op. Cit. pp. 21-22.
- 19/ LORA, S.R. Op. Cit., pp. 189-192.

- 20/ MARIN, M.G y LORA, S. Acidez y Encalado de los Suelos, compendio No. 23 ICA, Bogotá, 1978, pp. 13-16.
- 21/ CARPENTER, L. Philip, Op. Cit., pp. 443-449.
- 22/ AYALA, B. Luis, Proyección Agronómica de algunos Aspectos metodológicos de la Rhizobiología, Rev ALCA, - V.13, Costa Rica, 1976, pp. 1-4.
- 23/ VINCENT, J.M, Manual Práctico de Rhizobiología, Buenos Aires, 1975, p. 11.
- 24/ Ibid., pp. 5-7.
- 25/ Ibid., pp. 71-72.
- 26/ Ibid., pp. 127-131.
- 27/ Ibid., p. 140
- 28/ Ibid., p. 142
- 29/ Ibid., pp. 144-145.
- 30/ Ibid., pp. 147-148.

- 31/ Ibid., pp. 148-153.
- 32/ MUNEVAR, Fernando., Los Microorganismos del Subsuelo, Compendio No. 23 ICA, Bogotá, 1978, pp. 61-63.
- 33/ MORALES, Pedro., Qué es y qué hace el Instituto Internacional de Mercadeo de Alimentos, Bogotá, 1981, p. 4f.
- 34/ _____ Cifras en el Sector Agropecuario Unidad de Estadística, República de Colombia, Ministerio de Agricultura, Bogotá, 1979, p. 134.
- 35/ DANE y DEPTO Nacional de Planeación, Bases para una Política de Alimentación y Nutrición en Colombia, Bogotá, 1976, p: 2-30.
- 36/ Ibid., pp. 2-3.
- 37/ Ibid., pp. 6-8.
- 38/ Ibid., pp. 10-12.
- 39/ CRITENDEN, Ann, Hambre Mundial, Una canasta medio llena y medio vacía. New York, 1981, pp.8.

40/ Ibid., pp. 6

41/ Ibid., pp. 7. ²

BIBLIOGRAFIA

- AYALA, E. Luis. Proyección Agronómica de Algunos Aspectos Metodológicos de la Rhizobiología, Rev ALCA, Vol 13, Costa Rica, 1976 , 10 p.
- BAYLE, LH. Manual Of Cultivated, New York , MacMillan, 1924, 851 p.
- CARPENTER, L. Philip. Microbiología , Interamericana, México, 1979 - 498 p'.
- GRAHAM, P.H. Plant Factors Afecting Nodulation an Biological Nitrogen Fixation in Legumes, CIAT, Cali, Colombia, 1981, 16 p.
- GRAHAM, P.H. And BRADLEY, R.S. Biological Nitrogen Fixation at the Centro Interamericano de Agricultura Tropical, CIAT, Cali Colom - bia, 1981 , 22 p.
- GRAHAM, P.H. MORALES, V.M. CAVALLO, R. Materiales Excipientes y - adhesivos de posible uso en la Inoculación de Leguminosas en Colom - bia, Rev Turrialba, Vol 24, No 1, 50 p.
- HIGUITA, M. Fabio. Mejoramiento de Hortalizas (Habas) en Colombia, Pu - blicaciones ICA, Tibaitatá, Colombia, 1969, 4p.

- HIGUITA ,M. Fabio. Algunos Aspectos del Cultivo de las Habas en Colombia "ICA TEUSACA" , Publicación Hortalizas y Frutales, ICA-Tibaitatá, Colombia, 1975, 5 p.
- MUNEVAR, Fernando. Los Microorganismos del Suelo, Compendio No 23 ICA, Centro Experimental Tibaitatá, Bogotá Colombia, 1978, 69 p.
- NAVARRO, de ,Yolanda. LUQUE ,E. Root Lectins, Observations on Their Extraction and Behavior Regarding Rhizobium Selection Of Biochemistry, Chemistry Department, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia , 1981, 18 p.
- NOGUEIRA, NEUSA de J. DASILVA D.M. Estudo do Microscopio Eletro-nico de Nódulos em Pnaseolus vulgaris L. Causador de una estirpe Inefectiva de Rhizobium, Rev Turrialba, Vol 29, No 2, Costa Rica, 1979, 96 p.
- PEREZ, A.E. Plantas Utiles de Colombia, Camacho Roldan, Bogotá, 1956, 831 p.
- SARLI, A.E. Horticultura, Buenos Aires, ACME, 1958, 454 p.
- VINCENT, J.M. Manual Práctico de Rhizobiología, Hemisferio Sur, Buenos Aires, 1975, 200 p.

CAPITULO 2 - MATERIALES Y METODOS

20 MATERIALES

200 Equipo

- 90 tubos de ensayo para cultivos.
- 30 cajas de Petri
- 10 pipetas de : 1 ml, 5ml, 10 ml.
- 30 frascos de vidrio mediano transparentes
- 9 frascos de vidrio grandes transparentes.
- 3 Beakers de 250 ml.
- 3 Beakers de 500 ml.
- 9 Balones de 500 ml.
- Balanza manual.
- Autoclave.
- Microscopio de luz.
- Transformadores.
- Esteroscopio.
- Probeta de 500 ml.
- Probeta de 250 ml.
- Estufa eléctrica
- Nevera eléctrica
- Papel para medir pH.

- Pinzas de madera.
- Tapones de Algodón.
- Mechero Bunsen.
- Trípodes.
- Mallas de asbesto.
- Fósforos.
- Bandas de Caucho.
- 50 Láminas.
- 50 Laminillas.
- 5 Cajas de papel de aluminio.
- 9 Agitadores.
- 3 Asas Bacteriológicas.
- 3 Espátulas.
- 2 Termómetros.
- 3 Morteros.
- 3 Cápsulas de porcelana.
- 2 Rollos de cinta para enmascarar.
- 1 Caja de madera para láminas preparadas.
- Estufa eléctrica para diferentes grados de temperatura.
- Cuarto de incubación a 24°C.
- Cuarto de incubación a 37°C.

- Baño de María eléctrico.
- Equipo de Disección.
- Balones de digestión para Macro-Kjeldahl (500 cc).
- Equipo de digestión para Macro-Kjeldahl.
- Aparato de destilación para Macro-Kjeldahl..
- 2 Lápices de Cera.
- Papel de filtro.
- 3 Goteros.
- papel de filtro.
- Goma arábiga.
- Tapabocas.
- Guantes.
- Cámara fotográfica con lente de acercamiento.
- Marcadores.
- Bolsas plásticas.
- Carteles.
- Díngrafo.
- Detergente.
- Bandejas de madera y esmaltadas.
- Lámparas.
- Proyector de filminas.
- Bolsas de papel.

- Vestuario para trabajo de campo.
- Blusa de laboratorio.
- Papel milimetrado.

201

Reactivos

- Agar-Agar.
- Bifosfato de potasio (K_2HPO_4).
- Sulfato de magnesio heptahidratado ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$).
- Cloruro de sodio (NaCl).
- Manitol.
- Levadura.
- Carbonato de calcio ($CaCO_3$).
- Agua destilada y esteril.
- Rojo Congo.
- Acido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).
- Sulfato de Potasio, (K_2SO_4).
- Sulfato de cobre pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$).
- Hidróxido de sodio 10 N. (NaOH).
- Selenio.

202 Material de Campo

- Suelo, lotr 3 serie Mosquera.
- 1 Bomba de aspersión calimax número 0.
- 18 estacas de madera de 50 cms.
- 50 tiquetes para equipaje.
- Pesticidas (Dhitane M-45, Ekatín y Sevin).
- 1 Bomba de riego de 3.
- 3 Rastrillos.
- 1 Tractor.
- 3 azadones.
- Cabuya.
- Abono 10-30-10.

203 Material Vegetal

203.0 Semilla de haba ; Variedad ICA TEUSACA , Selección 44.

204 Bacterias Nitrificantes

204.0 Rhizobium leguminosarum: Cepa Haba □ , Cepa B ,Cepa B*

205 Medios de Cultivo

205.0 Medio Byma (Vincert) sólido y líquido (Tabla 6).

21 METODOS

210 Situación Experimental

El desarrollo de la presente investigación se efectuó en el Instituto Colombiano Agropecuario ICA; Centro Experimental Tibaitatá, en el laboratorio de biología de UNINCCA, Laboratorio de insumos del ICA, Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Nacional y en el centro de computo de la Universidad de los Andes.

211 Sorteo y Plano

Para la realización del plano a seguir en dicha investigación se hicieron 3 replicaciones con el fin de evitar error. Se tomaron 30 semillas de haba las cuales estaban marcadas y se hizo el respectivo sorteo.

211 Selección y Conteo

Rigurosamente se llevó a cabo la selección de cada una de las semillas y se prosiguió al conteo de las mismas hasta completar un total de 2.529.

213 Delimitación del Campo

Obtenido el número total de semillas a inocular, se hizo la-

respectiva delimitación del campo quedando de la siguiente manera: 3 bloques de 18 m X 18 m , dividido cada uno en 12 parcelas de 5 X 4,5 m, dejando 1,5 m entre cada parcela y 3,5 m entre bloques (Figura 3).

214 Tiquetes

Se llevaron a cabo la elaboración de tiquetes los cuales delimitaron dentro del terreno cada una de las parcelas.

215 Preparación del Suelo

Para el respectivo análisis de suelo, se tomaron 3 muestras en diagonal (Cuadro 2), debido a la rusticidad del haba no fué necesario preparar el suelo con tanto cuidado como para otras hortalizas. Procedimos a desyerbar, arar y rastrillar, lo cual fué suficiente para la siembra (Foto 1).

216 Esterilización de Materiales.

Para la realización del trabajo en el laboratorio partimos del hecho que todos los utensilios fuera del envase esterilizado son portadores de microorganismos y nuestra labor consistió en impedir su entrada.

OPINION 2 : ANALYSIS OF SOLO

Prof.	RESEARCH AREA				ON		CLCO		INDEX
1	A	L	AP	EX	1:1	1:1	5		5.3
1	0	10	10	11	5.6				5.3

COURSE OF STUDY - 1960 - 1961						SCHEDULE - 1			
CCO	T	C	Y	F	SE		20%	50%	30%
20.0	10.0	10.0	5.0	5.0	1.0	1.0	1.1	1.6	1.2

COURSE OF STUDY			1		61		SCHEDULE		
C	L	Y	10.0		1.0		C	50%	Place
1.0			10						

Course	Subject	Level	Prerequisites	Grade	Notes
1	Math	College		100%	100% / 100%
				100%	100% / 100%

FIGURA N° 5

PLANO DEL TERRENO

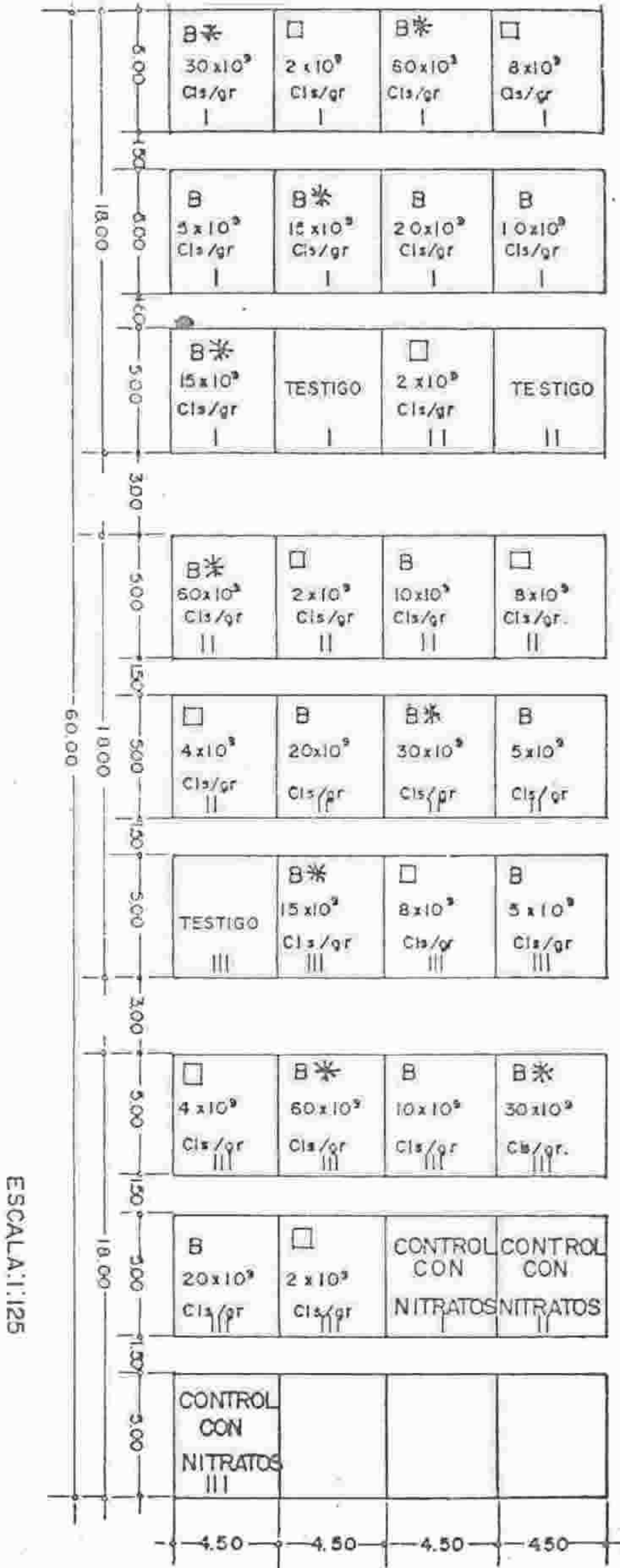




FOTO 1. PREPARACION DE SUELO.

Todos los envases se lavaron con detergente y se enjuagaron varias veces con agua de tubo y luego con agua destilada; antes de su esterilización se taparon con tapones de gasa, tapas metálicas o de vidrio y papel de aluminio, se colocaron en el autoclave por espacio de 30 minutos. El material de vidrio se lavó de igual forma y se taponó para posteriormente colocarlo en una estufa de aire a una temperatura de 250°C durante 1 hora.

217

Obtención de Cepas

Las cepas incluidas en este estudio fueron aisladas por la Dra. Yolanda de Navarro en 1978 de plantas de haba variedad TEUSACA del Instituto Colombiano Agropecuario de Tibaitatá. Primero se aisló la cepa haba B^o y posteriormente las cepas B y □ de un mismo nódulo.

Se saben que son Rhizobios por los ensayos hechos a nivel de laboratorio; las 3 cepas son diferentes ya que los análisis hechos hasta el momento con peptona y coloración de Gram demuestran que tienen comportamientos diferentes.

A causa de la plasticidad protoplasmática propia de las bacterias, las características de las cepas almacenadas pueden variar por mutación.

El presente experimento fué realizado en el ICA, Centro Experimental Tibaitatá es decir, la planta regresó a su medio, esto tal vez explique el hecho de que las cepas se hayan comportado bien al ser competitivas con las existentes en el suelo.

En el trabajo se inició un cultivo extensivo de bacterias por la técnica estandar conocida como Medio Byma (3). Las bacterias cultivadas en dicho medio se presentan en la (Tabla 7). se replicaron de una manera óptima (Foto 2), obteniéndose un máximo de 60×10^9 células para la cepa haba B#, siendo su crecimiento más rápido en comparación con las cepas B y □ , en las cuales se obtuvo un máximo de 20×10^9 células y 8×10^9 células respectivamente. Por lo cual se dispuso de este material en 8 días.



FOTO 2. CEPAS DE RHIZOBIOS.

Se prepararon 7 litros de caldo a base de medio Byma el cual se repartió en 35 frascos de a 200 ml en cada uno, se pasó la bacteria con asa bacteriológica a los respectivos frascos dejando 5 frascos como blanco y se incubó a 25⁰C durante 8 días (Foto 3). Se tomaron 60 tubos de ensayo y se procedió a realizar las respectivas dilusiones desde 10⁻¹ hasta 10⁻⁹.

Se prepararon 1000 ml de medio Byma y 1 ml de dilución de medio sólido que estuvo durante 2 horas a 45⁰C y mezclamos hasta que el medio se torno homogéneo, se incubó a 37⁰C durante 4 días.

- El conteo de células se realizó tomando las cajas de Petri donde se habían multiplicado las bacterias y se contaron en cada cuadrado, repetidas veces la cantidad de células existentes en un promedio de 6 cuadrados por caja (Tabla 7) aplicando la fórmula : $A = \sum r^2$.

219

Inoculación de la Semilla

- Se tomaron las semillas seleccionadas.
- Se pesaron (Tabla 8)
- Se realizó la asepsia del sitio de trabajo y de las manos -

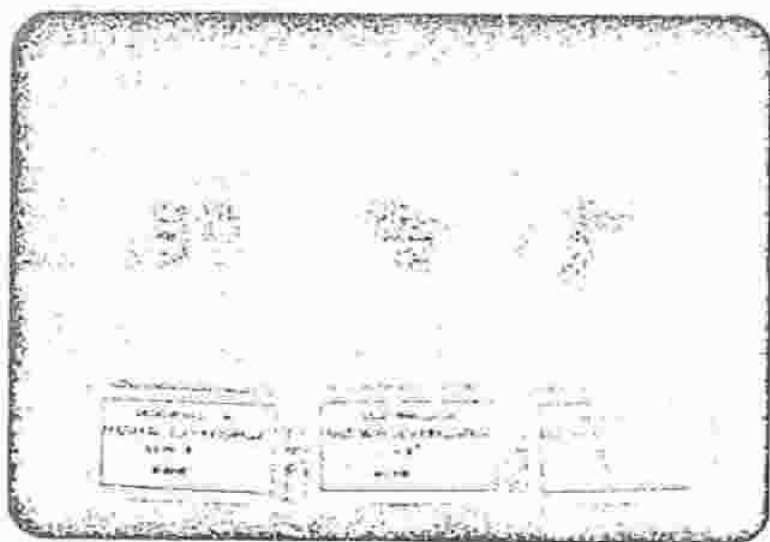


FOTO 3. INOCULO.

de las personas que realizaron la mezcla de las semillas.

- Se mantuvieron encendidos los mecheros en el lugar de la mezcla.
- Las semillas fueron repartidas en 9 frascos de vidrio para un total de 281 semillas por frasco.
- Las diferentes dosis de inóculo se muestran en la (Tabla 9).
- Los frascos con la semilla mezclada de inóculo fueron mantenidos en el cuarto de incubación a 24°C durante 24 horas (Foto 4).

220

Siembra

- Las semillas se sembraron en surcos distanciados 90 cms - dejando 40 cms entre semilla, colocando 1 grano en cada sitio para un total de 13 semillas por surco.

221

Control de Maleza

Al mes de sembradas las semillas se hizo un primer desyerbe y un ligero aporque.

A los tres meses se realizó un segundo aporque más alto y un desyerbe.

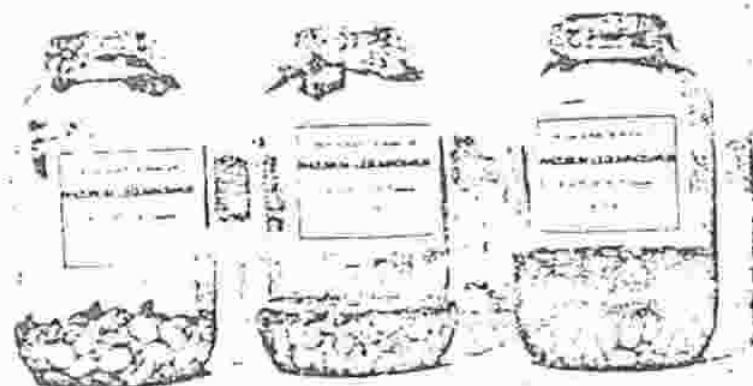


FOTO 4. INOCULACION DE LA SEMILLA.

A los 5 meses se hizo un tercer desyerbe y un aporque más alto.

222

Control de Plagas y Abonamiento

El "minador" o "toston" de las hojas, Lyriomiza fabae, se controló con aplicaciones quincenales de Ekátón (pesticida) al 25% en dosis de 2 a 5 cc por litro.

Los hongos con Dhitane M-45 (Pesticida) en cantidad de 30 granos por bomba de 20 litros.

Otras plagas se controlaron con Sevín (Pesticida) al 30% en dosis de 20 granos por bomba (Foto 5).

El abonamiento se hizo en base a las especificaciones del ICA con abono 10-30-10 en dosis de 1.10 kilos por bloque.

223

Germinación. Floración. Fructificación. Cosecha

Transcurrido el periodo de germinación, crecimiento se procedió en la etapa de floración a bajar el 10% de la población con el fin de tomar datos sobre posición, tamaño, forma y coloración de nódulos (Foto 6).



FOTO 5. FUMIGACION.

- Se procedió a secar las plantas durante 48 horas a 60⁰ C hasta peso constante, posteriormente se pesaron (Tablall).
- En el periodo de fructificación se tomaron datos sobre:
Altura de las plantas y número de flores

224.

Cosecha

Cuando la planta estuvo madura y su follaje comenzó a caer se efectuó la cosecha, de lo cual se tomaron datos de rendimiento de vainas verdes por parcela, longitud y peso de las mismas.

- Finalmente se llevó a cabo la determinación del nitrógeno total de la planta por el método de Macro-Kjeldahl (3).

TABLA 6. Medio Byma* para cultivo de Bacterias
 - Cantidad en gramos por litro de agua.

Micronutrientes (Solución)	Cantidad gr/lt.
Agar-Agar	15.0
K_2HPO_4	0.5
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.2
NaCl	0.1
Manitol	10.0
Levadura	0.4
$CaCO_3$	3.0
Rojo Congo	1 gr/0.4 l

* Vincent 1975 (2)

TABLA 7. Cantidad Media de Bacterias obtenidas por cuadrado en el recuento de Rhizobios. (Cantidad de Campos contados 6).

Diluciones Obtenidas	CEPA HABA O No. de Células	CEPA HABA B No. de Células	CEPA HABA B No. de Células
10^{-4}	$1062,6937 \times 10^4$	$2408,7708 \times 10^4$	$7509,07025 \times 10^4$
10^{-5}	$495,9237 \times 10^5$	$566,7696 \times 10^5$	$566,7696 \times 10^5$
10^{-6}	$425,0772 \times 10^6$	$991,8468 \times 10^6$	$1487,7771 \times 10^6$
10^{-7}	$212,5386 \times 10^7$	$212,5386 \times 10^7$	$637,6158 \times 10^7$
10^{-8}	$141,6924 \times 10^8$	$921,0006 \times 10^8$	$133,5392 \times 10^8$

TABLA 8. Peso de Semillas Seleccionadas

No. de Semillas Inoculadas	Peso/gr.
281	443.00
281	402.80
281	420.75
281	420.28
281	440.70
281	441.50
281	407.70
281	430.80
281	402.30
425 Semillas sin Inocular	562.08

TABLA 9. Dosis de Inóculo

Cepa	No. de Células/gr. semilla
Haba □	2×10^9
Haba □	4×10^9
Haba □	8×10^9
Haba B	5×10^9
Haba B	10×10^9
Haba B	20×10^9
Haba B*	15×10^9
Haba B*	30×10^9
Haba B*	60×10^9
Testigo	
Control con Nitratos	Nitrón 1000 ppm.

CITAS

- 1/ HIGUITA, M. Fabio. Algunos aspectos del Cultivo de las Habas en Colombia, Colombia, 1969, pp. 1-27.
- 2/ VICENT, J.M. Manual Práctico de Rizobiología, Buenos Aires, 1975, pp. 62-85.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

BIBLIOGRAFIA

- HIGUITA, M. Fabio. Algunos Aspectos del Cultivo de las Habas en Colombia, Publicaciones ICA, Tibaitatá, Colombia, 1969, 27 p.
- VINCENT, J. M. Manual Práctico de Rizobiología, Hemisferio Sur - Buenos Aires, 1975, 200 p.

CAPITULO 3 RESULTADOS Y DISCUSION

El crecimiento de la población mundial genera una demanda progresiva de alimentos y un déficit de proteínas alimenticias. Las plantas, verdaderas productoras de proteínas contienen cerca del 40% del carbono y 2% de nitrógeno. El suministro de nitrógeno requerido en la agricultura mediante fertilizantes comerciales es afectada por la crisis energética mundial dado que el déficit de gas natural interfiere con la producción de amonio.

La agricultura colombiana produce fundamentalmente alimentos de consumo directo (50% del valor de la producción agrícola) sin embargo a esta no se le presta ninguna atención siendo considerada como una agricultura de baja productividad, no sólo por sus bajos rendimientos físicos sino por la poca disponibilidad de modernización tecnológica; mientras que las grandes explotaciones de tipo comercial se le dan ventajas de la tecnología moderna, especialmente el uso de maquinaria y fertilizantes.

El haba (Vicia faba) contiene suficiente proteína (Cuadro 1)

lo que contribuye significativamente a resolver el déficit mundial de proteínas y por consiguiente aminorar la desnutrición.

Como puede observarse en la (tabla 2) la producción y el consumo de haba en 1976 es de 19.901 toneladas, cuyo precio de mayorista-detallista para diciembre de 1980 es de \$ 437.50 - (Bulto de 50 kilos) (Tabla 4). Cuando se aplica la técnica de la inoculación de semillas de haba (Vicia faba) con bacterias nitrificantes (Rhizobium leguminosarum) los costos en su producción por concepto de fertilizantes nitrogenados bajan en \$ 5.630 por hectárea (Tabla 1) al igual que se incrementa su producción en un 38.19% lo que significa un aumento aproximado de 7.600 toneladas al año.

30

Análisis de Suelo

Como puede observarse en el (Cuadro 2) se recomienda utilizar calfos en cantidad de 500 Kg/ha al momento de la rastreada y úrea en cantidad de 100 Kg /ha después de la siembra; lo cual no es recomendable debido a que la úrea impide la formación de nódulos en la raíz de la leguminosa. También se puede observar que el pH es ligeramente ácido.

Los análisis de varianza con respecto al terreno (Tablas 23,25) fueron altamente significativos (nivel del 1%).

Al reportarse en las (Gráficas 5.6) (Tablas 22,24) puede verse que la textura de los terrenos es diferente destacándose el terreno 3 con 1.584 vainas verdes en total y un peso de 25.52 kilogramos. Lo cual no era de esperar puesto que se partió de que los terrenos eran totalmente iguales en contextura, de ahí la importancia de un análisis previo de suelo cuando se utilizan inoculantes para la siembra, debido a que la bacteria se debe mantener bajo ciertas condiciones, tales como: la neutralidad del pH, la cantidad de molibdeno existente en el suelo, ya que éste es un elemento necesario para la fijación de nitrógeno; además de factores asociados al suelo, la planta, el microorganismo y la interacción entre ellos.

En Colombia, un país netamente capitalista es evidente que se da la propiedad de la tierra, no permitiéndose el desarrollo social de producción, disminuyendo la disponibilidad de alimentos ya que la distribución de la riqueza es inequitativa, es así como surge el arriendo de tierra por semestre (Tabla 1) con un costo de \$ 2.250 siendo esto una barrera para que se incremente la producción y por ende se reduzcan los costos.

Es de interés, destacar la importancia de la producción -
agropecuaria, ya que es la base de la economía Colombiana.

31 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA PLANTA.

En la (Tabla 12) (Gráfica 7) se puede ver que el tamaño -
promedio de las plantas (85-90 cms) para toda la población -
es homogéneo (Foto 6) siendo superado por la cepa haba B -
con dosis 5×10^9 cls/gr , mientras los testigos presentan -
un tamaño inferior (70 cms) y los nitratos (80 cms). Tam-
bién es de resaltar que el número de flores más alto se en-
cuentra en la cepa haba B con dosis $5, \times 10^9$ cls/gr con un -
total de 238 flores (Tabla 12).

32 EVALUACION DE RENDIMIENTO DEL HABA.

320 Nodulación (Foto 7)

Para la evaluación de la infectividad del Rhizobium legumino
sarum se tuvieron en cuenta los criterios establecidos en -
Rhizobiología (1), (2) tales como : forma, localización, nú -
mero y coloración de nódulos en la raíz (que son caracte -
rísticas propias de la asociación Leguminosa - Rhizobium). -
En la (Tabla 10) (Gráfica 8), se observa que las cepas -

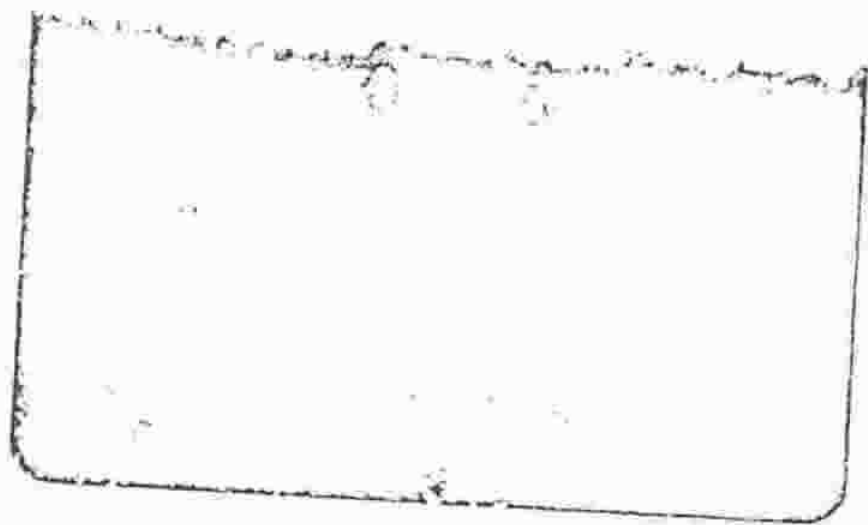


FOTO 6. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS
DE LA PLANTA.



FOTO 7. RESPUESTA DE LA RAIZ DEBIDA
A NODULACION EFECTIVA.

de *Rhizobium* son infectivas presentando mayor infectividad - (894 nódulos) la cepa haba B con dosis 5×10^9 cls/gr; mien-
tras que los testigos presentaron (52 nódulos) y el control =
con nitratos (149 nódulos). Esto era de esperar, ya que en -
el suelo trabajado existen poblaciones "nativas" de *Rhizobium*
leguminosarum por naturaleza.

Los nódulos observados fueron grandes y se localizaron en -
forma de racimos alrededor de la parte superior de la raíz-
(Foto 8).

También pudo observarse en los cortes de nódulos un color -
interno rojizo, lo cual indica la efectividad del *Rhizobium*, -
también se puede observar el bacteroide en forma de Y pre-
sionando las paredes de las células (Foto 10).

Los análisis hechos hasta el momento a nivel de laboratorio-
reportan (51 nódulos) para la cepa haba □ y (74 nódulos) -
para la cepa haba B, presentando al igual que en el experi -
mento en mención mayor infectividad la cepa haba B.

Tanto en el laboratorio como en el ensayo a campo la locali-
zación, forma y tamaño de los nódulos se presentaron de -



FOTO 9. DIFERENTE RESPUESTA DE EL FRUITO DEBIDO A LA NODULACION EFECTIVA .
(de izquierda a derecha): Haba inocu -
lada; testigo sin inocular.



FOTO 3. LOCALIZACION Y FORMA DE LOS NODULOS.

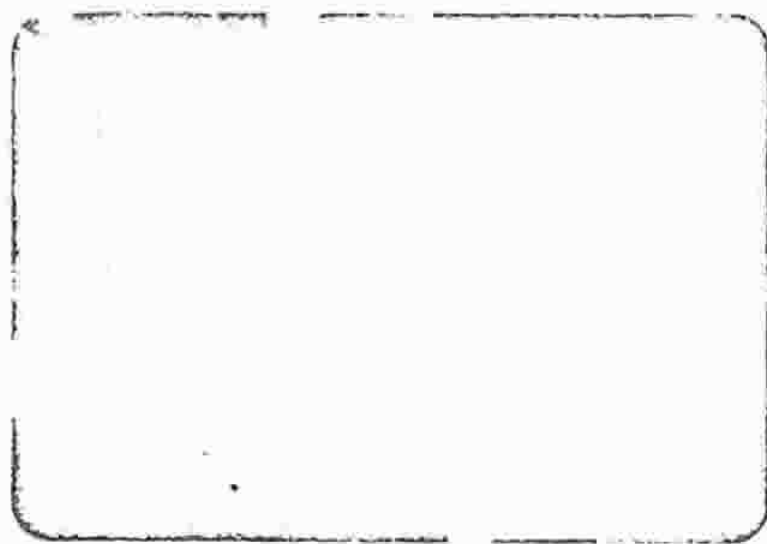


FOTO 10. CORTE DE UN NODULO MOSTRANDO
LOS BACTEROIDES.

igual forma en las tres cepas.

Es de vital importancia el conteo de nódulos, puesto que ratifican la infectividad y efectividad del *Rhizobium*.

321 Contenido de Nitrógeno.

Las diferencias anotadas en nodulación también se manifiestan en el peso seco de la parte aérea y en el contenido total de nitrógeno de la planta (Tablas 11,13) (Gráficas 9,10) La cepa haba B con dosis 5×10^9 cls/gr. presentó un porcentaje de nitrógeno del 2%, mientras que en las demás el comportamiento varió y también se presentaron algunas cuyo comportamiento fué pobre al igual que el testigo; en los nitratos el contenido de nitrógeno fué de 1.90% lo cual era de esperarse ya que se le proporcionó 1000 ppm de fertilizante nitrogenado.

Es de destacar, la importancia de la fijación simbiótica de nitrógeno en el haba y en otras leguminosas por su alta formación de aminoácidos lo cual aumenta su contenido protéico, de ahí la necesidad de aumentar la producción de esta leguminosa ya que el rápido crecimiento de la población mundial-

genera una demanda progresiva de producción de alimentos y un déficit de proteínas alimenticias.

En Colombia, el haba (Vicia faba) se cultiva (producción) ampliamente en las zonas frías de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia teniendo en cuenta que la región del Occidente del país sobresale, como aquella donde el consumo es mas que proporcional a su población en relación al resto del país, pues en dicho sector el consumo de haba alcanza el 45% siendo su población el 24% del total nacional.

En la (Gráfica 4) podemos observar que a nivel nacional se comparan las necesidades y la disponibilidad bruta de alimentos para el consumo humano, notándose que las leguminosas no abastecen las necesidades alimenticias de la población nacional, ya que la disponibilidad bruta es de un 36%, palpándose de este modo la baja producción la cual se puede elevar en un 100% , ya que con la inoculación de semillas con *Rhizobium* se incrementa la producción y por ende el consumo, abasteciendo durante todo el año la población. Como podemos ver (Gráfica 1) el abastecimiento es óptimo en los meses de octubre, noviembre y diciembre mientras s-

que la deficiencia se da entre los meses de junio y julio.

En cuanto al consumo de haba durante el año de 1976 podemos decir según estadísticas que éste fué de 19.901 toneladas . Si hablamos del consumo per-cápita nacional, podemos afirmar que en el año 1972 los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y los Santanderes el consumo de haba fué de 1.46 Kg por año mientras que en el departamento de Nariño dicho consumo ascendió hasta 10.585 Kg por año.

Analizando los datos sobre la situación nutricional de Colombia y del mundo, podemos decir que a nivel mundial una de cada 9 personas que habitan el globo padecen de desnutrición grave hoy en día. Aumentandose considerablemente este problema, ya que los años cincuenta de cada 14 a 25 una padecía de desnutrición (3).

En Colombia, la magnitud e importancia de este problema no solamente tiene marcada incidencia desde el punto de vista social sino que trasciende a la esfera educacional y económica convirtiéndose en un factor limitante para el desarrollo del país. Por consiguiente, esa desnutrición se traduce en

resultados tan inquietantes como ser la principal causa para que la deserción escolar Colombiana sea el 68% y que la mortalidad y la morbilidad infantil en Colombia sea de las más altas en Latinoamérica.

A nivel nacional, existen 2 millones de niños desnutridos, solo contando la población infantil menor de 5 años que son el 14% de la población del país, lo que trasciende en un 43% de las muertes diarias en Colombia. Es de alarmarse cuando vemos que el 61% de esas muertes tiene como causa principal la desnutrición.

322

Incremento en la Producción de Vainas Verdes

En las (Fotos 11, 12, 13) pueden observarse las diferentes respuestas de la planta de haba con los diferentes tratamientos aplicados, es de destacar el incremento de vainas verdes en la planta inoculada, mientras que el control con nitratos y testigo presentan un menor número de vainas.

En las (Tablas 14, 16, 18, 20) (Gráficas 11, 12) se puede observar el incremento en la producción de vainas verdes por parcela, siendo la cepa haba B con dosis 5×10^9 cls/gr la



FOTO II. RESPUESTA DE LA PLANTA HABA:
INOCULADA CON CEPA EFECTIVA.



FOTO 12. RESPUESTA DE LA PLANTA DE HABA
TESTIGO CON NITRATO.

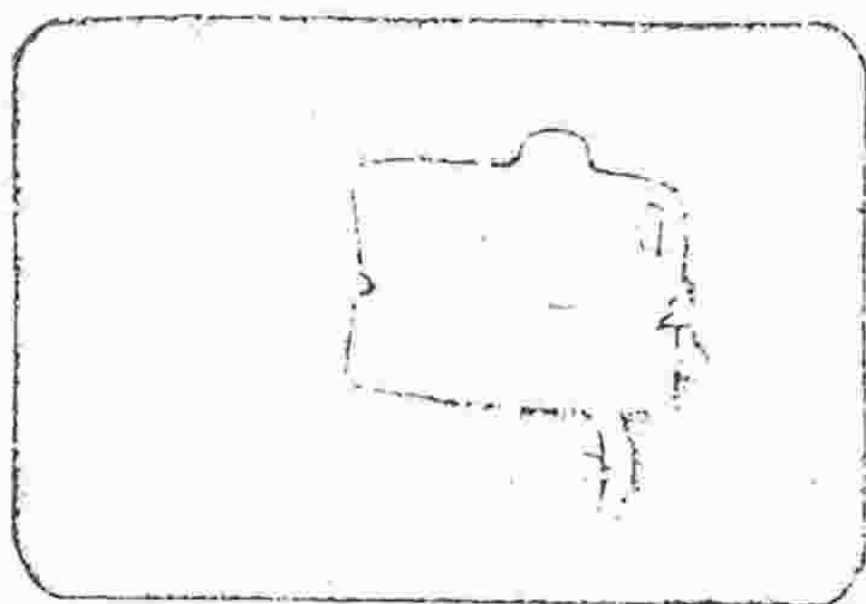


FOTO 13. RESPUESTA DE LA PLANTA DE HABA;
TESTIGO SIN INOCULAR.

más efectiva (187 vainas, 3.2 Kg), mientras en las demás cepas el comportamiento varió, en el testigo se obtuvo un rendimiento menor (72 vainas, 1.08 Kg) y el control con nitratos (164 vainas, 2.15 Kg) produjo un alto rendimiento como era de esperarse ya que se le proporcionó fertilizante nitrogenado.

De la misma forma los análisis de varianza (Tablas 15, 17, 19, 21), realizados para las tablas mencionadas anteriormente son altamente significativos, (al nivel del 1%) tanto para el número de vainas como para el peso en Kg de las mismas .

En una hectárea, la producción es de 2000 Kg lo que corresponde al 100% de la producción (Tabla 1). Cuando se lleva a cabo la inoculación de haba (Vicia faba) con bacterias nitrificantes (Rhizobium leguminosarum), se desea aumentar el rendimiento de vainas verdes en un 15 a 25% , es decir 300 y 500 Kg respectivamente; obteniéndose en la práctica un incremento de 763.8 Kg, lo que equivale a un 38.19% de rendimiento. Esta cifra aumentó el rendimiento en comparación al esperado. En la (Foto 14) puede observarse parte

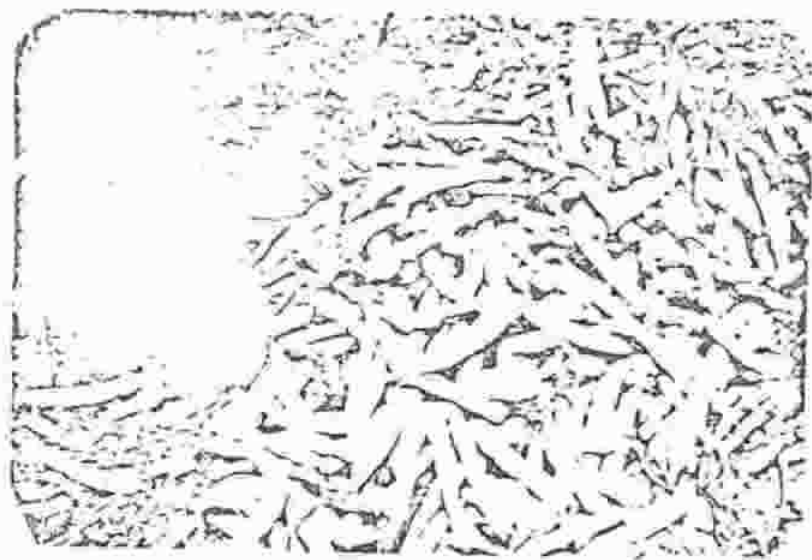


FOTO 14. COSECHA.

de la cosecha obtenida de las plantas de haba inoculadas es de destacar también el tamaño de las vainas verdes.

Con referencia a la (Gráfica 3) representamos el precio promedio mensual de bulos (50 Kg) de haba correspondiente a los años 1978, 1979, 1980, incrementándose el precio en el mes de abril de 1979, mientras que en 1980 se presenta un descenso en el mismo mes, subiendo nuevamente en el mes de agosto (Tabla 5).

En la (Gráfica 2) la variación de los precios se debe a periodos estacionales, como se puede apreciar, en la época comprendida entre abril y septiembre hay niveles bajos, es decir, que la producción del haba es poca, por ende su precio es bastante alto y en los meses comprendidos entre enero y marzo así como de octubre a diciembre los precios bajan.

UNIVERSIDAD AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

NUMERO DE NODULOS

(Promedio de 3 plantas por replicación)

CEPA	DOSIS cls / gr	NUMERO DE NODULOS
Haba □	2×10^9	716
Haba □	4×10^9	394
Haba □	8×10^9	709
Haba B	5×10^9	894
Haba B	10×10^9	716
Haba B	20×10^9	672
Haba B ⁺	15×10^9	546
Haba B ⁺	30×10^9	390
Haba B ⁺	60×10^9	482
Testigo		52
Nitrato	1000 ppm.	149

PESO SECO DE LA PARTE AEREA
(Promedio de 3 plantas por Replicación)

CEPA	DOSIS els, μ r	PESO SECO /gr
Haba □	4×10^9	46.56
Haba □	4×10^9	42.00
Haba □	8×10^9	46.60
Haba L	5×10^9	55.26
Haba B	10×10^9	46.73
Haba B	20×10^9	45.50
Haba B*	15×10^9	42.03
Haba B*	30×10^9	33.98
Haba B*	60×10^9	37.20
Testigo		8.19
Control con Nitratos 1000 ppm		36.83

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA
PLANTA

(Promedio de 3 Plantas por Replicación)

CEPA	DOSIS Cl _s /gr	TAMAÑO Tallo/cms	NUMERO DE FLORES
Haba □	2 x 10 ⁹	91.33	145
Haba □	4 x 10 ⁹	89.55	192
Haba □	8 x 10 ⁹	86.55	231
Haba B	5 x 10 ⁹	98.66	238
Haba B	10 x 10 ⁹	94.33	209
Haba B	20 x 10 ⁹	88.66	190
Haba B*	15 x 10 ⁹	86.33	181
Haba B*	30 x 10 ⁹	89.66	185
Haba B*	60 x 10 ⁹	86.33	193
Testigo		71.00	116
Nitrato	1000 ppm	80.00	176

CONTENIDO DE NITROGENO TOTAL

(Promedio de 3 Plantas por Dosis)

CEPA	DOSIS Cls/gr	NITROGENO TOTAL %
Haba	2×10^9	1.90
Haba	4×10^9	1.70
Haba	8×10^9	1.80
Haba	5×10^9	2.00
Haba	10×10^9	1.80
Haba	20×10^9	1.80
Haba	15×10^9	1.70
Haba	30×10^9	1.50
Haba	60×10^9	1.60
Testigo		1.50
Nitratos	1000 ppm	1.90

UNRECORDED MESSAGE RECEIVED FROM THIS OFFICE AND I AM REQUESTING FOR SUMMARY PROGRAM BEING DONE *****

TABLE 14 107207E1 PAGE 9

DESCRIPTION OF MEASUREMENTS

FILE NAME: C:\DATA\DATA 107207E1.D

SUBJECT: WIND SPEED DATA FROM WIND SPEED MEASUREMENTS

UNIT: M/S

DATE: 10/10/80

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TOTAL CASES 11

TABLE 15

DESCRIPTION OF MEASUREMENTS

CALCULATED MEASUREMENTS

UNIT: M/S

DATE: 10/10/80

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

TIME: 10:00:00

107207E1 PAGE 10

VARIABLE CORE VALUE LABEL

WIND SPEED

WIND DIRECTION

WIND VELOCITY

WIND PRESSURE

WIND TEMPERATURE

WIND HUMIDITY

WIND DENSITY

WIND VISCOSITY

WIND SURFACE AREA

WIND PERIMETER

WIND VOLUME

WIND MASS

WIND ENERGY

WIND POWER

WIND TORQUE

WIND MOMENTUM

WIND IMPULSE

SUM OF SQ

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

MEAN

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

STD DEV

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

SUM

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

VARIANCE

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

MEAN

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

STD DEV

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

SUM

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

MEAN

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

STD DEV

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

SUM

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.0000

11.00

1072670.619 5421.480 6.514 0.0008
 LINEARITY 70.205 0.267 0.0076
 REV. FROM LINEARITY 9274.538 8.661 0.0002
 5 300.012 8 SQUARE 0.0012
 WITHIN GROUPS 2016.270 54 1047.508
 21A 0.0001 47A-SQUARE 0.00020

TABLA 20

EVALUACION DE REQUISITOS

FILE NAME: CREATION DATE: 10/20/61

DEFINITION: VI S C B J F I L O M B F S U E P O P U L A T I O N S

EXPERIMENTAL UNIT: VI PERM. ALLOWANCE

GROUP	MEAN	STD. DEV.	VARIANCE
FOR ENTIRE POPULATION	1.8749	0.2502	0.7229
VI	1.6315	0.2116	0.4488
VI	1.5166	0.2125	0.4525
VI	1.6013	0.2443	0.5966
VI	2.1120	0.0868	0.0075

TOTAL BASIS

TABLA 21

EVALUACION DE DEFICIENTES

FILE NAME: VALUE LABEL

DEFINITION: VI S C B J F I L O M B F S U E P O P U L A T I O N S

EXPERIMENTAL UNIT: VI PERM. ALLOWANCE

GROUP	MEAN	STD. DEV.	VARIANCE
FOR ENTIRE POPULATION	1.8749	0.2502	0.7229
VI	1.6315	0.2116	0.4488
VI	1.5166	0.2125	0.4525
VI	1.6013	0.2443	0.5966
VI	2.1120	0.0868	0.0075

WITHIN GROUPS TOTAL

51.0700 1.8740 0.7371 15.0132

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE: SW OF SQUARES D.F. MEAN SQUARE F SIG.

BETWEEN GROUPS 7.229 3 1.446 3.644 0.0164

WITHIN GROUPS 1047.508 54 19.400 0.576 0.4859

TOTAL 1054.737 57 18.528 0.700 0.0088

REMARKS: P 300.012 8 SQUARE 0.0012

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	SIG.
TOTAL GROUPS	7.930	2	3.965	3.644	0.0164
LINEARITY	5.237	1	5.237	4.876	0.0288
DEV. FROM LINEARITY	2.693	1	2.693	2.768	0.0982
WITHIN GROUPS	0.107	4	0.0267		
	13.111	22	0.596		
	F(1, 20) = 0.2531		ETA-SQUARED = 0.3024		

EVOLUCION DE RENDIMIENTOS TABLA 22 10/20/81 PAGE 17

CRITERION VARIABLE VS ALTERNATIVE VALUES OF INDEPENDENT VARIABLE

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SLM	MEAN	STD DEV	VARIANCE
FOR ENTIRE POPULATION			4330.0000	125.7578	42.0624	1769.5019
1		10000	1107.0000	160.4102	34.1634	1167.1615
2		10000	1237.0000	152.4545	35.0433	1227.6727
3		10000	1534.0000	164.0030	44.1162	1944.0000
TOTAL CASES						

EVOLUCION DE RENDIMIENTOS TABLA 23 10/20/81 PAGE 18

CRITERION VARIABLE VS ALTERNATIVE VALUES OF INDEPENDENT VARIABLE

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SLM	MEAN	STD DEV	SUM OF SC
FOR ENTIRE POPULATION			1074.0000	100.5123	34.1634	1167.1615
1		10000	1437.0000	132.1563	35.1923	1237.6727
2		10000	1237.0000	148.0030	44.1162	1944.0000
WITHIN GROUPS TOTAL			1130.0000	125.2378	33.6963	1562.3036

CRITERION VARIABLE VS ALTERNATIVE VALUES OF INDEPENDENT VARIABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	SIG.
TOTAL GROUPS	10.035	2	5.017	3.613	0.0392
LINEARITY	10.035	1	10.035	7.225	0.0169
DEV. FROM LINEARITY	0.000	1	0.000	0.000	0.9601
WITHIN GROUPS	0.107	4	0.0267		
	13.111	22	0.596		
	F(1, 20) = 0.2531		ETA-SQUARED = 0.3024		

TABLA 24

10/20/81 PAGE 19

EVALUACION DE REQUISITOS

FILE: A:NAME: CONSULTAS DATE: 10/20/81

CATEGORIA VARIABLE VA PESO EN MUESTRA SUP P D P U L A Y I E A S

CRITERIO DE CALIFICACION

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	VARIANCE	N
FOR ENTIRE POPULATION							
V1		TERMINO 1	61.8700	1.8748	0.4502	6.7229	33
V2		TERMINO 2	19.7500	1.5227	0.5405	0.3447	13
V3		TERMINO 3	17.0000	1.7813	0.4620	0.2173	13
V3		TERMINO 3	25.5200	2.3200	1.1713	1.3716	13

TOTAL CASES = 33

TABLA 25

10/20/81 PAGE 20

EVALUACION DE REQUISITOS

CRITERIO DE CALIFICACION

VARIABLE	CODE	VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	SUM OF SQ	N
ANALYSIS OF VARIANCE							
V1		TERMINO 1	19.7500	1.5227	0.5405	3.5862	13
V2		TERMINO 2	17.0000	1.7813	0.4620	2.1713	13
V3		TERMINO 3	25.5200	2.3200	1.1763	13.8360	13
WITHIN GROUPS TOTAL							
			61.8700	1.8748	0.4501	19.4542	33

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	SIG.
BETWEEN GROUPS	3.814	2	1.907	2.900	0.0768
LINEARITY	3.496	1	3.496	5.380	0.0274
LINEARITY	0.318	1	0.318	0.220	0.6428
F = 0.3822 H SQUARED = 0.1511					
ETA = 0.3369 ETA SQUARED = 0.1573					
WITHIN GROUPS					
	19.454	33	0.650		

EVALUACION DE REQUISITOS

CPU TIME REQUIRED = 3.19 SECONDS

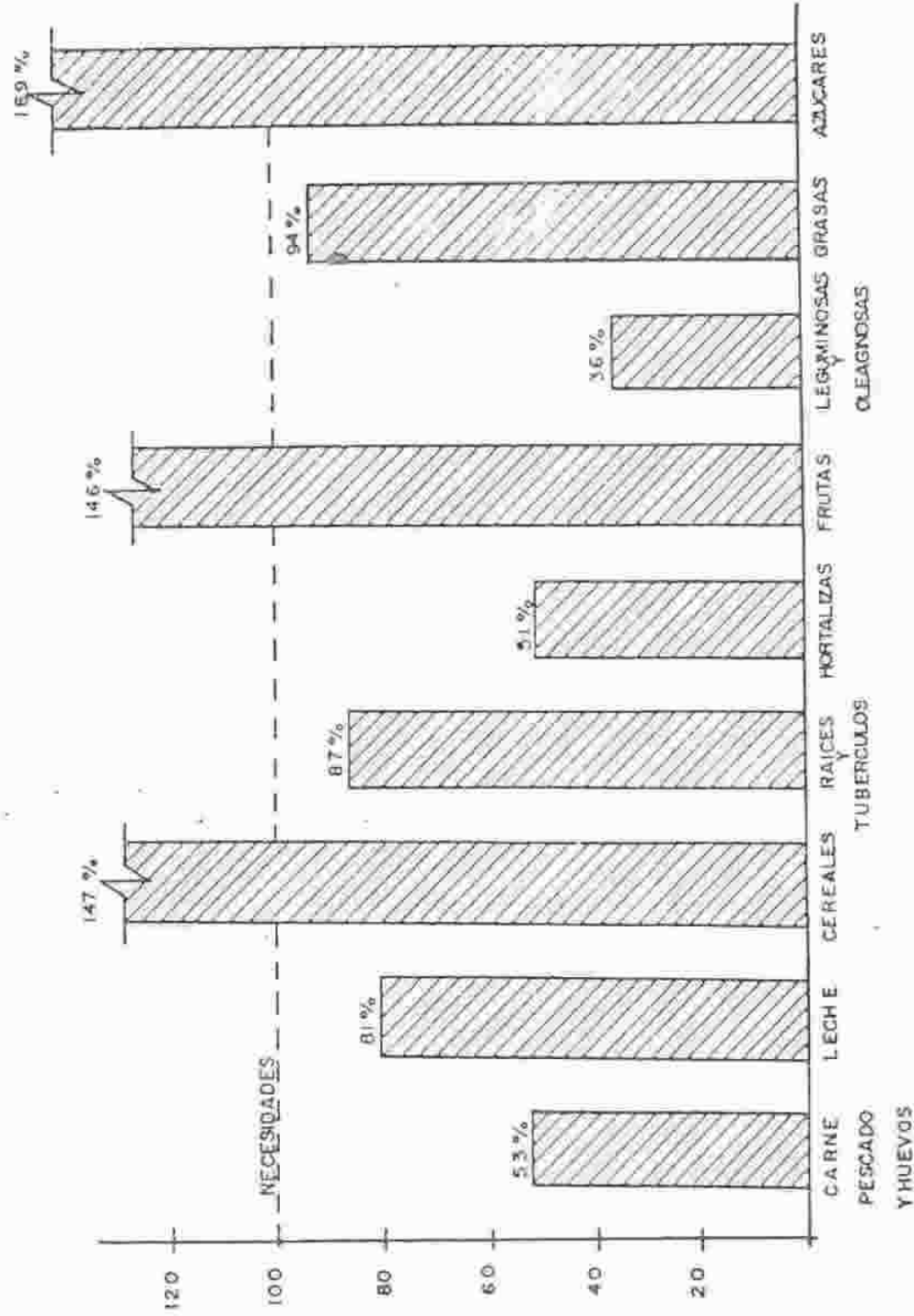
10/20/81 PAGE 21

25 FINISH

NORMAL PLOT OF QUANTILES
25 QUANTILES WERE RECALCULATED
0.05-0.95 WERE SELECTED

GRAFICA 4

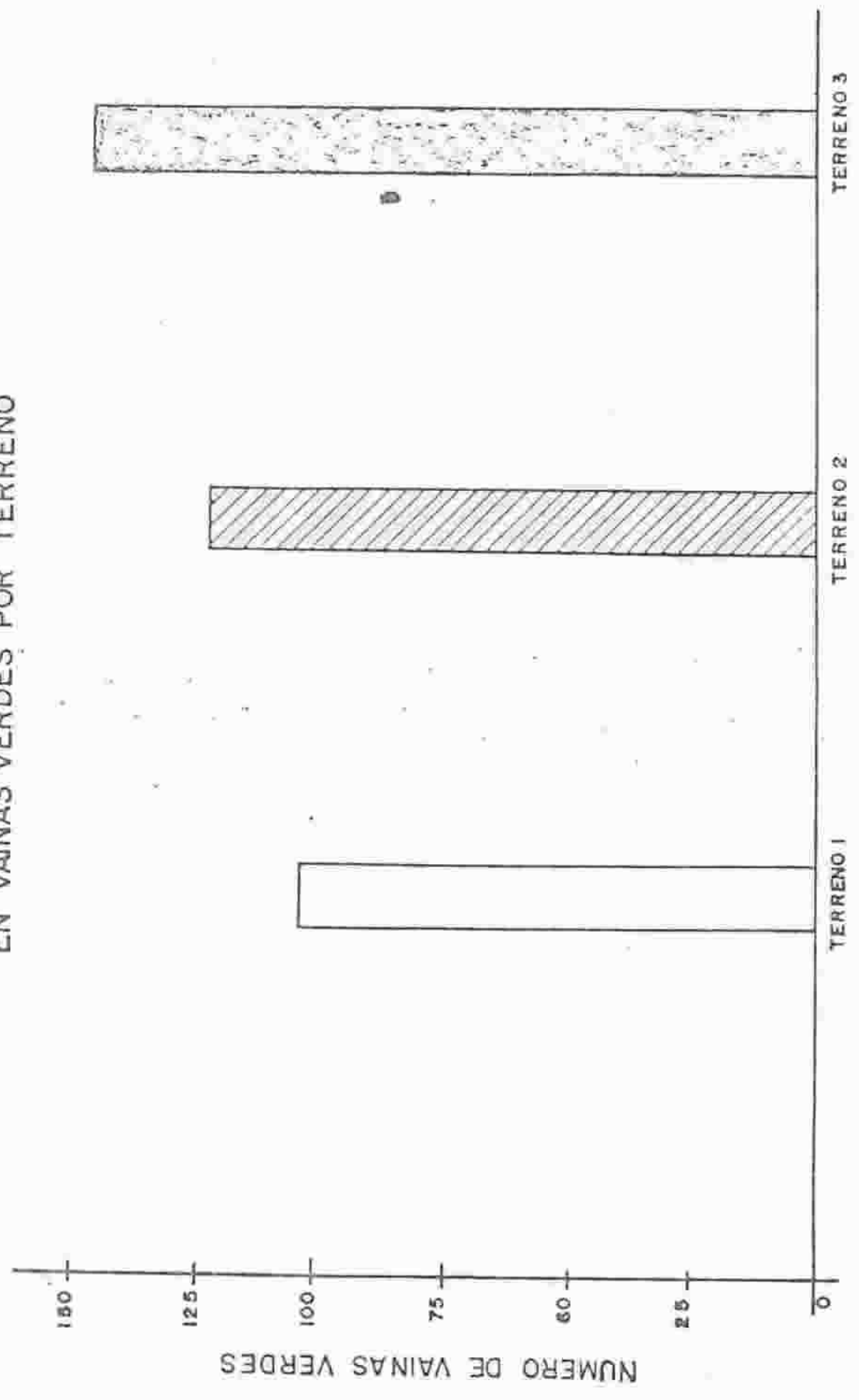
COMPARACION ENTRE LAS NECESIDADES Y LA DISPONIBILIDAD BRUTA DE ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO EN COLOMBIA.



GRUPOS DE ALIMENTOS

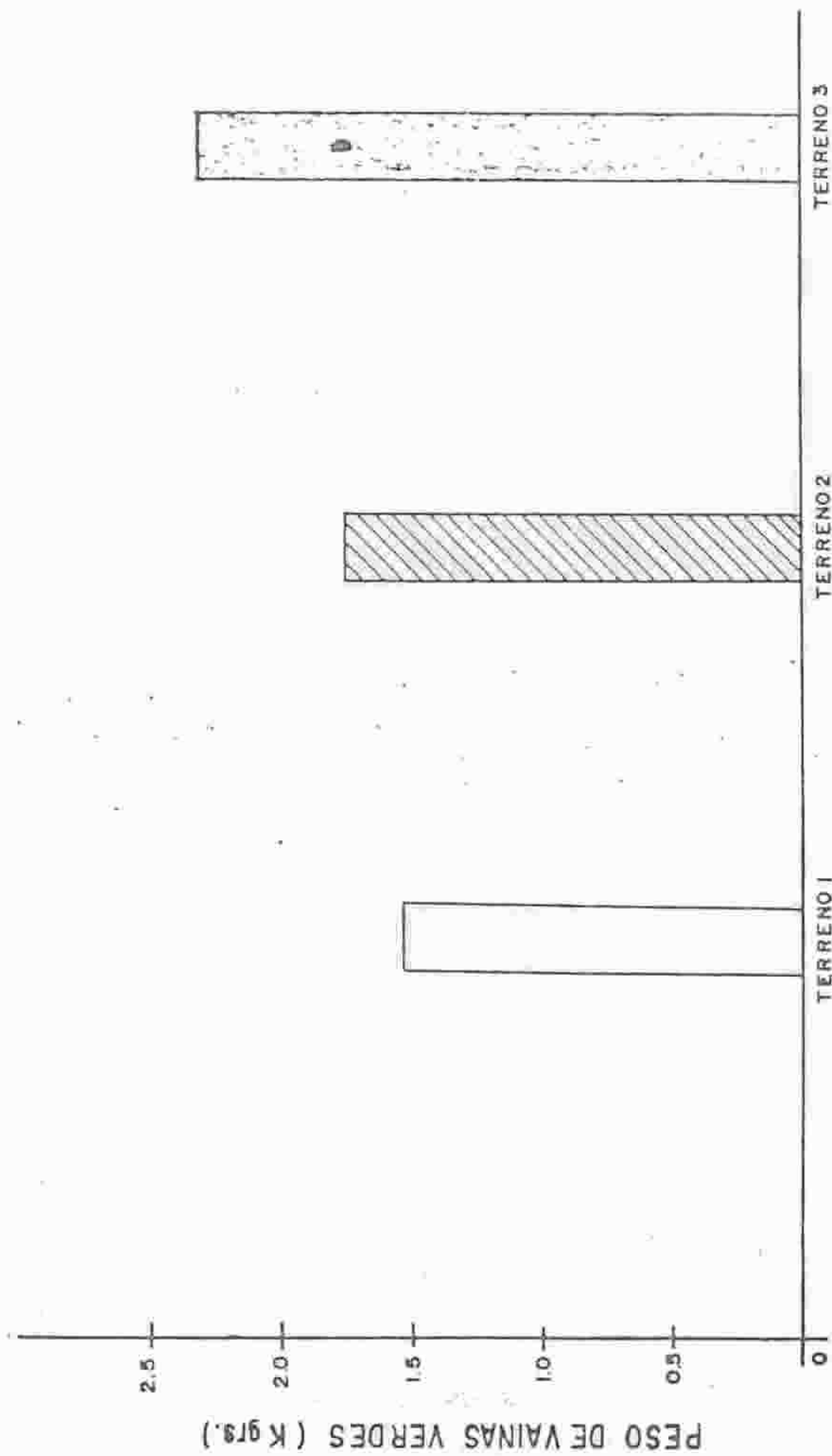
TOMADO DE LA REVISTA EVALUACION AGRICOLA 1976-1979
 MINISTERIO DE AGRICULTURA

RENDIMIENTO DE VICIA FABA EXPRESADO
EN VAINAS VERDES POR TERRENO



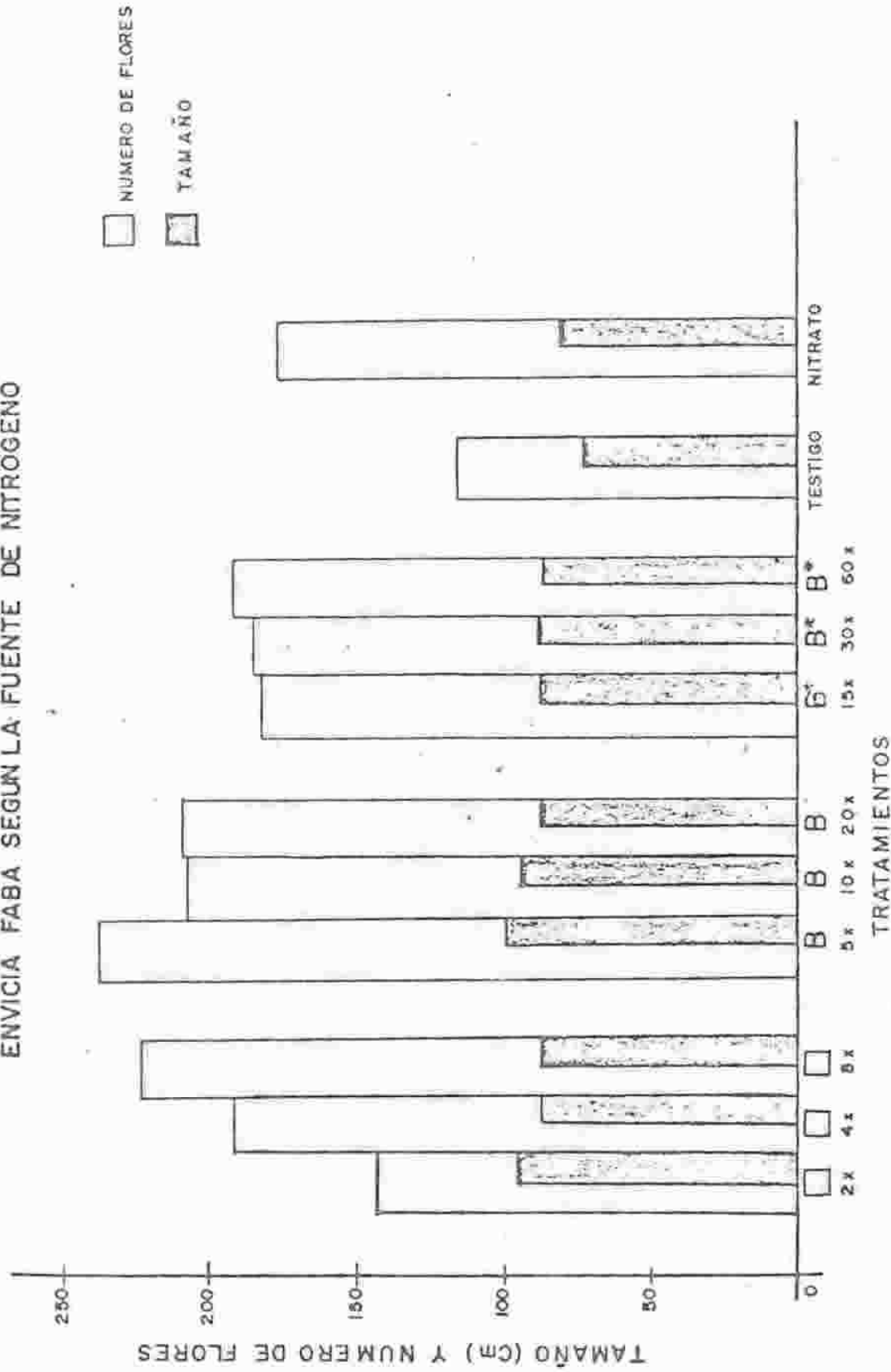
TERRENOS

RENDIMIENTO DE VICIA FABA EXPRESADO EN KILOGRAMOS
DE PESO DE VAINAS VERDES POR TERRENO



TERRENOS

COMPARACION DEL TAMAÑO Y NUMERO DE FLORES
 ENVICIA FABA SEGUN LA FUENTE DE NITROGENO

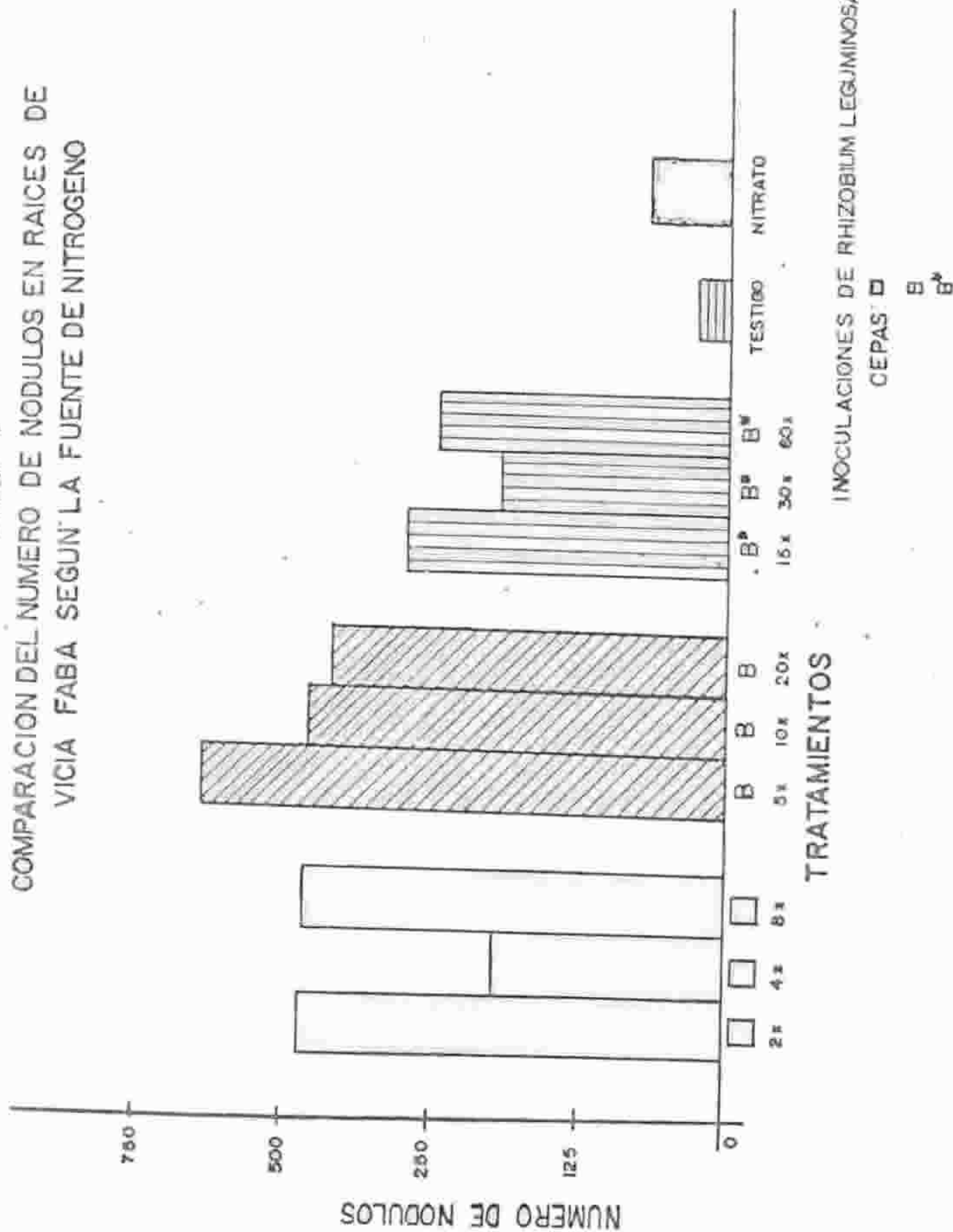


INDICULACIONES DE RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM (10⁹ c1/gr)

CEPAS: □ B
 ■ B*

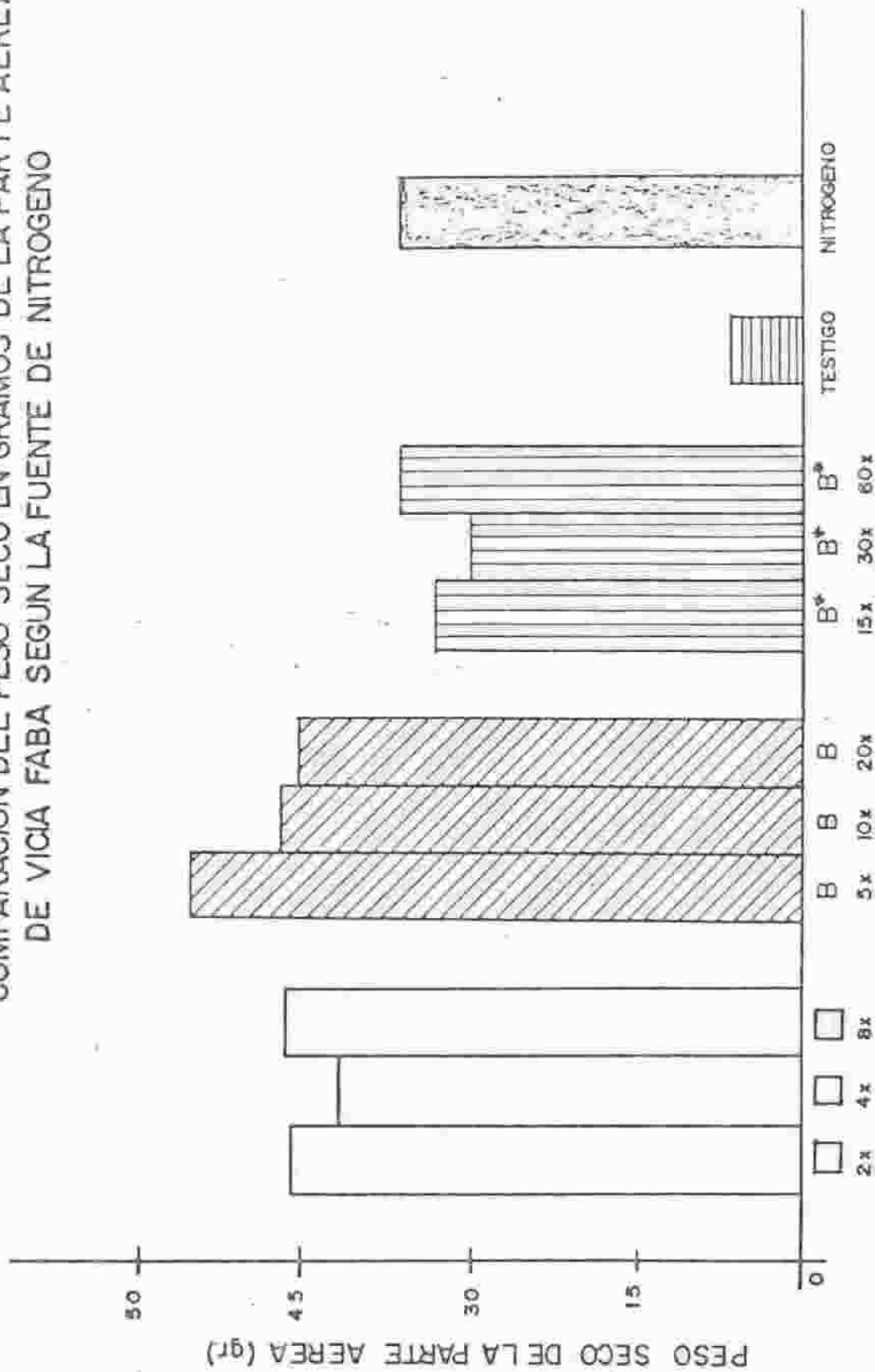
GRAFICA B

COMPARACION DEL NUMERO DE NODULOS EN RAICES DE VICIA FABA SEGUN LA FUENTE DE NITROGENO



GRAFICA 9

COMPARACION DEL PESO SECO EN GRAMOS DE LA PARTE AEREA DE VICIA FABA SEGUN LA FUENTE DE NITROGENO



TRATAMIENTOS

CEPAS □

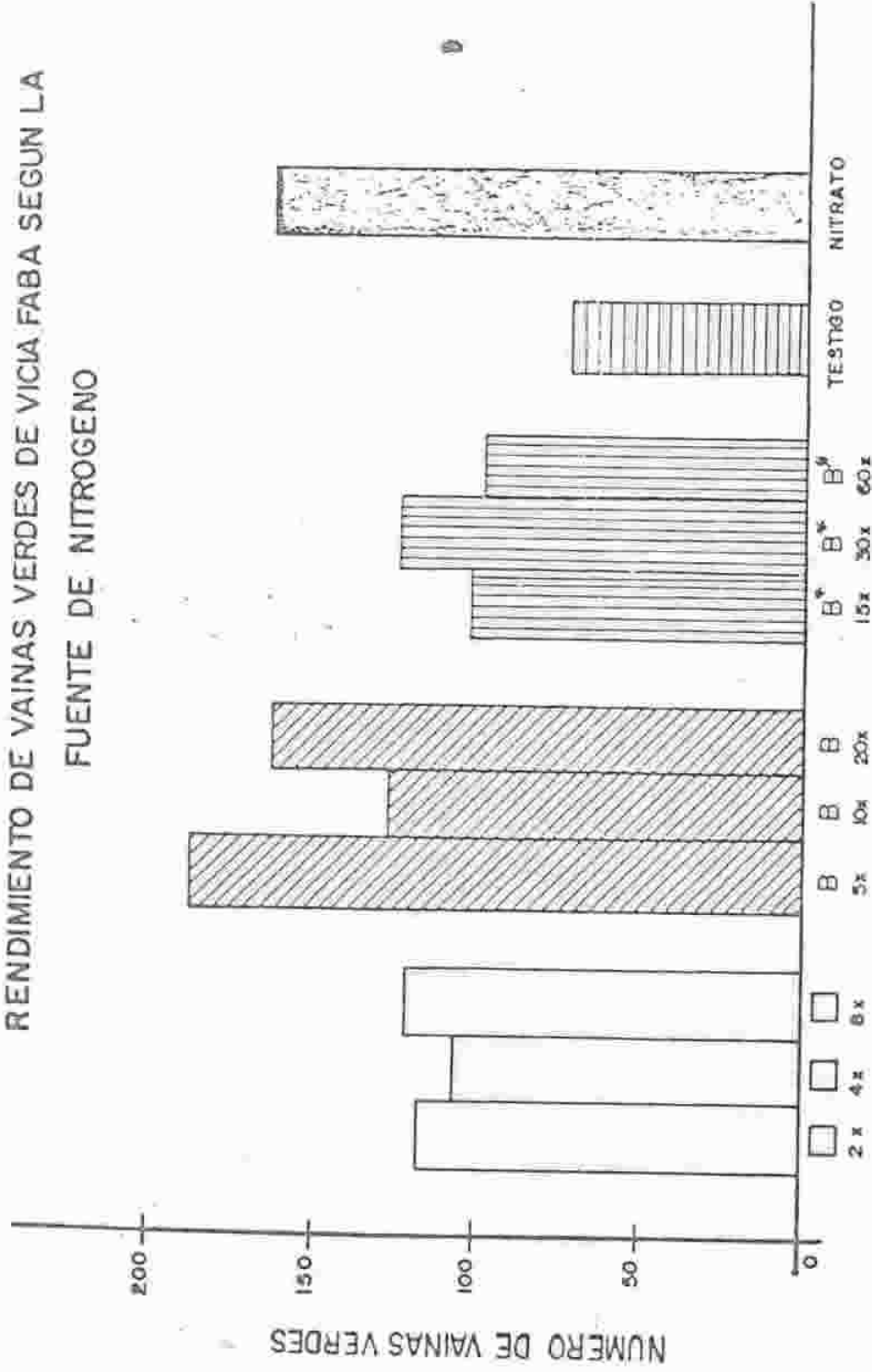
B

B*

INOCULACIONES DE RIZOBIUM LEGUMINOSARUM (10 cl/s/gr .)

GRAFICA II

RENDIMIENTO DE VAINAS VERDES DE VICIA FABA SEGUN LA FUENTE DE NITROGENO

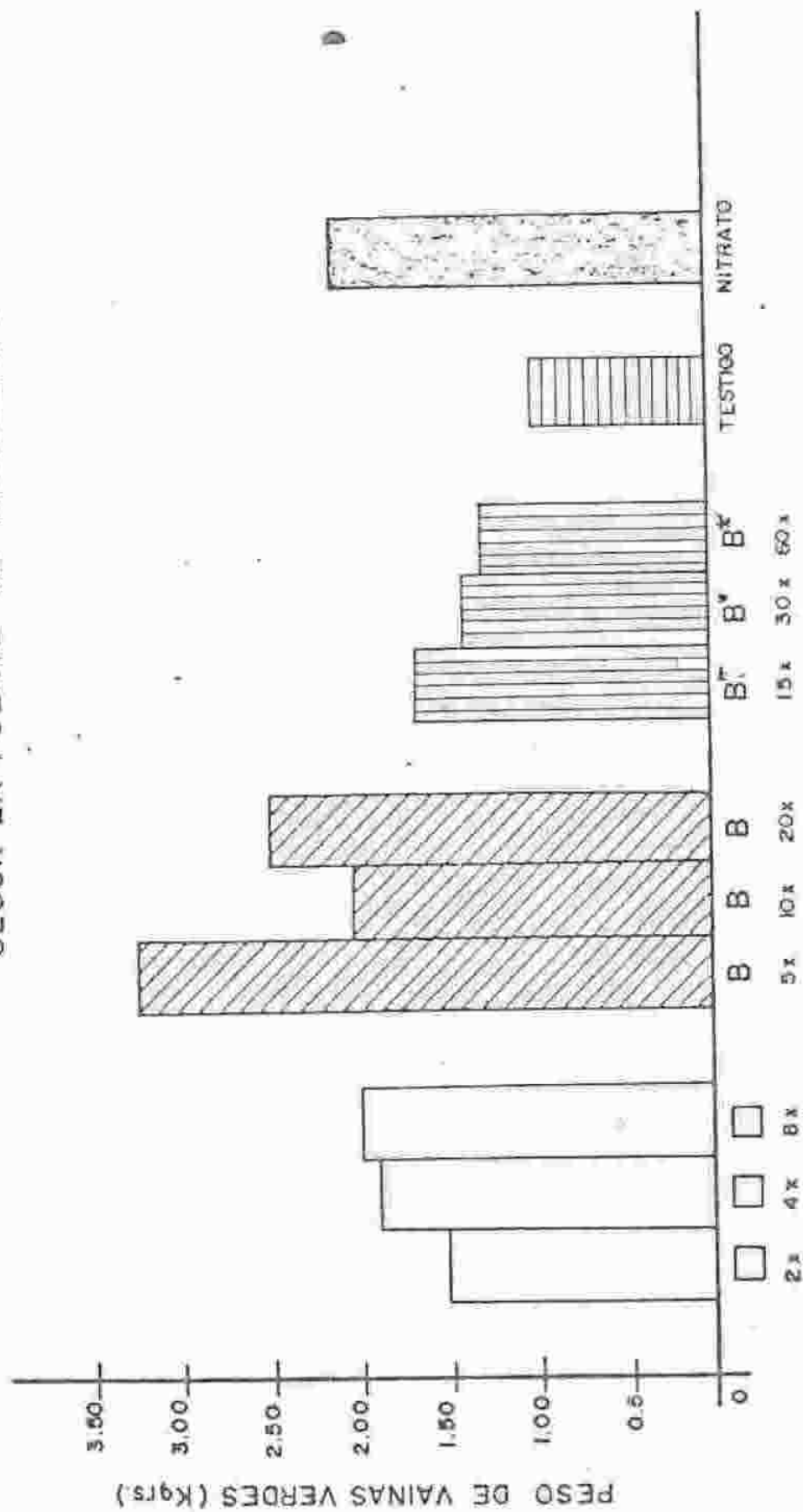


TRATAMIENTOS

INOCULACIONES DE RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM ($\times 10^8$ cbs/gr)

CEPAS: □ B
B*

PESO EN KILOGRAMOS DE VAINAS VERDES DE VICIA FABA
SEGUN LA FUENTE DE NITROGENO



TRATAMIENTOS

INOCULACIONES DE RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM ($\times 10^8$ c.f.u.)

CEPAS: □ B
□ B*
□ B*

CITAS

- 1/ AYALA, Luis. Proyección agronómica de algunos aspectos metodológicos de la Rhizobiología, Rev Alca, vol 13 , Costa Rica, 1976-
p.1.
- 2/ BERGEAUX, P.J. Nitrogen cooperative Ext , Serv, Athens Ga, USA,
bul, 684. 1970.
- 3/ CRIENDEN, Ann. Hambre Mundial. Una canasta medio llena y medio vacía. New York. 1981. p.6.

BIBLIOGRAFIA

AYALA, Luis . Proyección agronómica de Algunos Aspectos metodológicos de la Rhizobiología, Rev Alca, Vol 13, Costa Rica, 1976, 9 p.

VINCENT, J.M. Manual práctico de Rhizobiología , Hemisferio Sur, Buenos Aires , 1975 , 200 p.

CAPITULO 4 CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio, permitieron comprobar la eficiencia de la bacteria en la fijación de Nitrógeno y por ende el aumento en la producción de vainas verdes por parcela.

De las cepas y dosis estudiadas la que tuvo un mejor comportamiento fué la cepa haba B con dosis 5×10^9 cfs/gr, pues presentó el mayor número de nódulos, mayor peso seco, el mayor contenido de nitrógeno del follaje y un mayor rendimiento de vainas verdes por parcela.

Las variables de respuesta que miden mejor la fijación simbiótica del nitrógeno son: materia seca de las plantas, masa de nódulos y nitrógeno absorbido por la planta.

Para la utilización de inoculantes en el campo, es recomendable el uso de cepas aisladas del lugar donde se desee realizar la siembra.

La simbiosis Leguminosa-Rhizobium es específica para cada hospedero y determinada especie de Rhizobium.

Para la inoculación de semillas es necesario utilizar un material excipiente que mantenga viable al microorganismo como la turba o el Carbonato de Calcio.

En la siembra de semillas de haba (Vicia faba) con (Rhizobium leguminosarum) se debe hacer un análisis previo de suelo.

La distribución inequitativa de la tierra en un país Capitalista como Colombia es una barrera para que se incremente la producción y se reduzcan los costos en el cultivo de haba.

Es necesario seguir investigando sobre la simbiosis Leguminosa -Rhizobium, ya que con ésto se obtiene una optimización de alimentos, mejorándose la producción agropecuaria que es la base de la economía Colombiana.

A mayor número de flores, mayor número de vainas verdes y por lo tanto mayor rendimiento.

El tamaño de las plantas no influye en el rendimiento de vainas verdes por parcela.

Son características propias de la asociación Leguminosa - Rhizobium la forma, localización, número y coloración interna de los nódulos.

En el suelo trabajado existen poblaciones "nativas" de Rhizobium leguminosarum por naturaleza.

A mayor número de nódulos, mayor peso seco de la parte aérea, mayor porcentaje de nitrógeno del follaje y por tanto mayor incremento en proteínas, número y peso de vainas verdes.

La fijación simbiótica de nitrógeno en el haba produce una alta formación de aminoácidos, lo que incrementa el contenido protéico.

El crecimiento de la población mundial, genera una demanda progresiva de producción de alimentos y un déficit de proteínas alimenticias.

El mayor consumo y producción de haba se da en el occidente del país, específicamente en el departamento de Nariño.

La producción de leguminosas no abastece, las necesidades alimenticias de la población nacional, mientras la inoculación de semillas de haba con Rhizobium leguminosarum, incrementa la producción y el consumo abasteciendo durante todo el año la población.

A medida que pasan los años se incrementa la desnutrición en el mundo. En Colombia, la deserción escolar, mortalidad y morbilidad son graves consecuencias de la desnutrición, siendo su porcentaje uno de los mayores en Latinoamérica.

El incremento en el rendimiento de vainas verdes por parcela, fué de 38.19% es decir, que el rendimiento aumentó en un 13.19% sobre lo esperado, lo cual se debió, a que el Rhizobium en sus diferentes dosis y cepas fué altamente efectivo.

El costo del inoculante, es bajo en comparación con el fertilizante que se ahorra. Por consiguiente, con buenas prácticas de inoculación, se puede lograr una fijación de nitrógeno que representa un sustituto importante de fertilizantes nitrogenados.

ANÁLISIS DE VARIANZA
DE LOS DATOS

Los análisis de varianza realizados fueron altamente significativos (nivel del 1%).

Es importante enseñar al campesino la técnica de inoculación de semillas con bacterias nitrificantes.