

Respuesta del Maíz (Zea mays L.) Variedad Lucio Blanco  
(AN-361) a la inoculación de Azospirillum lipoferum, A.  
brasilense y Azospirillum sp en Ferramadero, Coahuila

Rosalinda Mendoza Villarreal

T e s i s

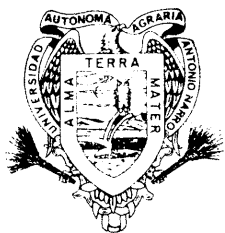
Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de:

Maestro en Ciencias  
en la Especialidad de Suelos

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria

"Antonio Narro"

Programa de Graduados

Buenavista, Saltillo, Coahuila.

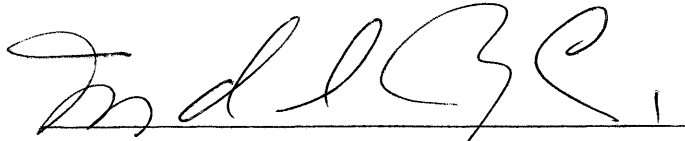
Marzo de 1986

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular  
de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar  
al grado de

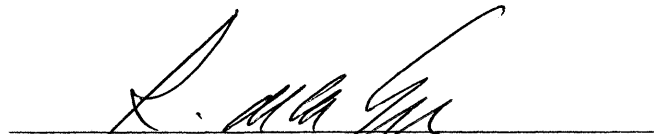
MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD  
DE SUELOS

COMITE PARTICULAR

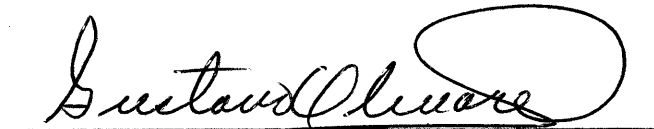
Asesor principal:

  
M.A. Mercedes de la Garza Curcho

Asesor:

  
M.C. Rommel de la Garza Garza

Asesor:

  
M.C. Gustavo Olivares Salazar

  
Dr. Jesús Torralba Elguézabal  
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Marzo de 1986

## AGRADECIMIENTO

Q.F.B. M.S. Mercedes de la Garza Curcho por impulsarme en el campo de la investigación, y en general de mi superación profesional además de ser una verdadera amiga y gran compañera.

Ing. M.C. Rommel de la Garza Garza y el Ing. M.C. Gustavo Olivares Salazar quienes siempre estuvieron en la mejor disposición de ayudarme, además de la revisión y corrección de este trabajo.

Dr. J. Manuel Fernández Brondo por su colaboración tan valiosa y gran ayuda.

Ing. M.C. Felipe Abencerraje Rodríguez por su amistad, colaboración y orientación en esta investigación.

Ing. José del Bosque por sus consejos e información tan valiosa.

Ing. Gerardo Aguirre por su ayuda desinteresada al proporcionar su terreno para realizar el presente trabajo.

A mis grandes compañeros de tesis Ramón Cisneros López y Antonio López Solís por compartir el desarrollo de este experimento en el campo.

A mis compañeras T.L.Q. Ma. del Socorro Mireles, T.L.Q. Ana - María Meza y T.L.Q. Graciela González por auxiliarme en los análisis de suelo y de grano.

A Carmen Leticia Ayala López por la escritura de esta tesis

## DEDICATORIA

A mis padres: **Luis e Yitha**

Con profundo cariño y respeto por el  
apoyo e impulso que siempre recibí a  
lo largo de mi vida

A mis hermanos: **Magda Elda**

**Luis Manuel**

**Javier Armando**

**Gustavo Adolfo**

con quienes he compartido penas  
y alegrías

A **Loren**, quien representa lo más importante en mi vida

A mis maestros de la UAAAN

## COMPENDIO

Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) variedad Lucio Blanco (AN-361) a la inoculación de *Azospirillum lipoferum* A. *brasilense* y *Azospirillum* sp en Derramadero, Coahuila

POR

ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL

MAESTRIA

SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MARZO 1986

M.S. Mercedes de la Garza Curcho -Asesor-

Palabras clave: maíz, *Azospirillum*, biofertilizante anaeróbico líquido, fenología.

Esta investigación se estableció de acuerdo a los siguientes objetivos:

Estudiar los efectos de *Azospirillum*, bacterias fijadoras de nitrógeno, sobre el rendimiento y calidad del grano de maíz (Lucio Blanco, AN-361) y para comparar estos efectos con aquellos obtenidos con fertilización química, bajo condiciones de invernadero y de campo.

Se realizaron dos experimentos:

Diez tratamientos, variando las especies inoculadas y el tipo de fertilizante agregado, con un diseño completamente al azar con tres repeticiones fueron evaluados en dos variedades de maíz (Lucio Blanco, AN-361 y Pancho Villa, - AN-360) bajo condiciones de invernadero, en 1984. Se inocularon cepas de *Azospirillum* tanto al grano como a plántulas.

Se aisló una cepa de *Azospirillum* de plantas testigo. Por lo tanto, existen en el suelo estudiado, bacterias nativas de este género.

En el experimento bajo condiciones de campo, se establecieron siete tratamientos con una sola variedad de maíz (Lucio Blanco, AN-361) en Derramadero, Coahuila. El diseño experimental utilizado fué bloques al azar con cuatro repeticiones.

Se usaron dos tipos de fertilizantes: fertilizante químico (160-80-0) y biofertilizante anaeróbico líquido del estiércol de bovino (750 lt/ha). Además, se inocularon 5 - tratamientos con especies diferentes de *Azospirillum* exceptuando el tratamiento con fertilización química y el testigo.

Los mejores efectos en la fenología del cultivo - (emergencia, floración, altura de planta y madurez fisiológica) se observaron en los tratamientos con *Azospirillum* sp y *A. brasilense*.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos en rendimiento de grano (kg/ha), número de granos por mazorca y contenido de almidón en grano. El contenido protéico del grano fué solamente significativo y no se observó significancia entre bloques.

La prueba de rango múltiple de Duncan mostró valores altamente significativos para estas variables, en los tratamientos con *Azospirillum* sp y *A. brasilense* frente al testigo y con el fertilizante químico. El número de granos por mazorca presentó una correlación directa con el rendimiento de grano. Una correlación semejante se observó entre el contenido de almidón del grano y el número de granos por mazorca y entre el contenido de almidón y el rendimiento de grano.

## ABSTRACT

Response of maize (*Zea mays* L.) variety Lucio Blanco (AN-361) to the inoculation of *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum* sp en Derramadero, Coahuila.

BY

ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL

MASTER'S DEGREE

SOILS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MARCH 1986

M.S. Mercedes de la Garza Curcho -Advisor-

Key words: maize, *Azospirillum*, liquid anaerobic  
biodegradation, phenology.

This investigation was established according to the following objectives:

To study the effects of *Azospirillum*, a nitrogen fixing bacteria, upon grain yield and grain quality of maize (Lucio Blanco, AN-361) and to compare these effects with those obtained by chemical fertilization, under greenhouse and field conditions.

Two experiments were conducted:



Ten treatments, varying on the species inoculated and type of added fertilizer, arranged in a complete randomized design with three replications, were evaluated in two maize varieties (Lucio Blanco, AN-361 y Pancho Villa AN-360) under greenhouse conditions, during 1984. Strains of *Azospirillum* were inoculated at both grain and seedling stages.

A strain of *Azospirillum* was isolated from plants of the control treatment. Therefore, native bacteria of this genus exists in the soil studied.

In the experiment under field conditions, seven treatments were established with one maize variety (Lucio Blanco, AN-361) at Derramadero, Coahuila. The experimental design used was randomized blocks with four replications.

Two types of fertilizer were used, chemical fertilizer (160-80-0) and liquid anaerobic fermentation of manure at a rate of 750 lt/ha. Besides, 5 treatments were inoculated with different species of *Azospirillum* except the chemical treatment and the control.

The best effects on crop phenology (emergence, flowering, plant height and physiological maturity) were observed in the *Azospirillum* sp and *A. brasilense* treatments.

Analysis of variance showed highly significant differences among treatments in grain yield (kg/ha), number of grains per ear and starch content of the grain. Protein content of grain was only significant. It was not observed

blocks effects.

Duncan multiple range test showed significantly -  
higher values for these variables in the *Azospirillum* sp. -  
and *A. brasilense* treatments than in the control, with che -  
mical fertilizer added. Number of grain per ear showed to be -  
directly correlated with grain yield. Similar correlation -  
was observed between starch content of the grain and number  
of grains per ear and between starch content and grain yield.

# INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS . . . . .	xv
INDICE DE FIGURAS . . . . .	xix
INTRODUCCION . . . . .	1
REVISION DE LITERATURA . . . . .	4
<i>Azospirillum</i> . . . . .	4
HISTORIA DEL GENERO <i>Azospirillum</i> . .	4
MEDIOS DE CRECIMIENTO . . . . .	5
LOCALIZACION . . . . .	6
ACTIVIDAD ENZIMATICA . . . . .	7
PIGMENTACION DE COLONIAS . . . . .	8
RECONOCIMIENTO DEL GENERO . . . . .	9
DISTRIBUCION ECOLOGICA . . . . .	9
ESPECIFICIDAD DE LA PLANTA	
HOSPEDERA . . . . .	10
EFECTO DE PESTICIDAS SOBRE EL <i>Azospiri-</i>	
<i>rillum lipoferum</i> Y <i>A. brasilense</i> . .	11
PAPEL DEL NITROGENO EN LA FIJACION	
EN CEREALES . . . . .	11
IMPORTANCIA DE LA FIJACION DE NITRO-	
GENO EN EL SUELO . . . . .	12
FIJACION DE NITROGENO POR LA BACTE -	
RIA . . . . .	12
MAIZ . . . . .	14
CARACTERISTICAS DEL CULTIVO . . . . .	14
GENERALIDADES DE LA VARIEDAD SINTETI	
CA LUCIO BLANCO . . . . .	14

CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS QUE IDENTIFICAN LA VARIEDAD . . . . .	15
CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE LA VARIEDAD. . . . .	15
DENSIDAD DE SIEMBRA Y DE POBLACION	18
DIAMETRO DE TALLO . . . . .	19
FERTILIZACION . . . . .	19
BIOFERTILIZANTE LIQUIDO . . . . .	20
ANALISIS PROTEICO DEL MAIZ . . . . .	21
MATERIALES Y METODOS . . . . .	22
PRIMERA ETAPA . . . . .	22
LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL	22
DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.	22
FUENTE DE FERTILIZANTE . . . . .	23
PREPARACION DE MACETAS Y SEMILLA .	23
PREPARACION DEL SUELO . . . . .	25
ANALISIS PRACTICADOS Y METODOS DE LABORATORIO . . . . .	26
CONSERVACION DE CEPAS . . . . .	27
REPRODUCCION DE <i>Azospirillum</i> . . . . .	28
PREPARACION DEL INOCULO Y SEMILLA .	29
INOCULACION DE SEMILLA Y PLANTULA .	29
SIEMBRA, FERTILIZACION Y HUMEDAD .	29
PLAGAS . . . . .	31
OBSERVACIONES Y EVALUACIONES DEL CULTIVO . . . . .	31
AISLAMIENTO DE BACTERIAS DEL GENERO <i>Azospirillum</i> . . . . .	32
SEGUNDA ETAPA . . . . .	34
CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y DEL SUELO EN LA ZONA DE ESTUDIO . . . . .	34
DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.	39
TAMAÑO Y DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES . . . . .	39

FERTILIZANTE . . . . .	41
DENSIDAD DE POBLACION . . . . .	42
TRABAJOS DE CAMPO . . . . .	42
MUESTREO DE SUELO . . . . .	42
ANALISIS PRACTICADOS . . . . .	42
INOCULACION DE SEMILLA . . . . .	43
SIEMBRA Y FERTILIZACION . . . . .	43
CONTROL DE MALAS HIERBAS . . . . .	46
OBSERVACIONES Y MEDICIONES DEL CULTI VO . . . . .	46
GROSOR DEL TALLO . . . . .	46
PLAGAS Y ENFERMEDADES . . . . .	47
RIEGOS . . . . .	47
COSECHA . . . . .	48
ANALISIS DE GRANO . . . . .	48
ANALISIS ESTADISTICO . . . . .	
RESULTADOS . . . . .	50
ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO Y ESTIMA- CIONES BACTERIANAS . . . . .	50
OBSERVACIONES Y EVALUACIONES DEL CULTIVO .	52
DIAS A EMERGENCIA . . . . .	52
ALTURA DE PLANTA . . . . .	52
DIAS A FLORACION . . . . .	52
DIAS A COSECHA . . . . .	52
ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO . . . . .	56
ESTIMACIONES BACTERIANAS . . . . .	59
OBSERVACIONES FISIOLOGICAS . . . . .	60
RENDIMIENTO DE GRANO, NUMERO DE GRANOS POR MAZORCA, POR CIENTO DE ALMIDON Y PROTEINA .	62
ANALISIS DE VARIANZA, PRUEBA DE DUNCAN Y CO RRELACION . . . . .	66
ESTUDIO ECONOMICO . . . . .	72
DISCUSION . . . . .	73
CONCLUSIONES . . . . .	80

EN RELACION A LOS OBJETIVOS . . . . .	80
EN RELACION A LA HIPOTESIS . . . . .	81
RESUMEN . . . . .	82
LITERATURA CITADA . . . . .	86
APENDICE . . . . .	95

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Pág.	
3.1.	Tratamientos estudiados en el experimento de invernadero, con el cultivo de maíz en la UAAAN, con la variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa (AN-360), Buenavista, Coahuila, 1984. . . . .	24
3.2.	Inóculo de <i>Azospirillum lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> utilizado en el experimento de invernadero. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 1984	30
3.3	Tratamientos con fertilizante e inóculo del experimento en campo con maíz Variedad Lucio Blanco (AN-361), bajo condiciones de riego, en Derramadero, Coahuila, 1985. . . . .	40
3.4.	Resultados del análisis del biofertilizante líquido antes de la siembra en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	44
3.5.	Recuento bacteriano de <i>Azospirillum</i> por método M.G.C.* aplicado a la semilla en la siembra en la región de Derramadero, Coahuila, 1985. . . . .	45
4.1.	Resultados del análisis del suelo antes de la siembra en el Invernadero de Sección Maíz UAAAN, 1984 . . . . .	51

4.2.	Resultado de la estimación bacteriana viable por el método M.G.C. en el suelo con medio de Thorton, en el Experimento de Invernadero, - 1984 . . . . .	53
4.3	Datos obtenidos en el Invernadero del Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN, con maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa (AN-360), 1984 . . . . .	54
4.4.	Altura de planta en maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa (AN-360), - en el invernadero del Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN. 1984 . . . . .	55
4.5.	Resultados del análisis de suelo antes de la - siembra en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	57
4.6.	Resultados del análisis de suelo después de la cosecha, en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	58
4.7.	Estimación viable de bacterias en el suelo (Medio de Thorton), por el método M.G.C.*, antes de la siembra y después de la cosecha, en Derramadero, Coahuila, 1985. . . . .	60
4.8.	Observaciones fisiológicas del maíz variedad - Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	61
4.9.	Datos de altura de planta y grosor de tallo, - durante el ciclo vegetativo de maíz, variedad Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	63
4.10.	Concentración de resultados de maíz, variedad Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	65



4.11.	Concentración de rendimiento en kg/ha de maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), en los tratamientos estudiados en el ejido San Juan de la Vaquería, Derramadero, Coahuila, 1985 . . . .	67
4.12.	Resultados del número de granos por mazorca - obtenido para el maíz variedad Lucio Blanco - (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985 . . .	68
4.13.	Resultados del análisis de almidón en maíz <u>va</u> riedad Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985. . . . .	70
4.14.	Resultados de análisis protéico del grano en la variedad de maíz Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	71
1A	Calendarización de actividades para el cultivo de maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) y - el híbrido Pancho Villa (AN-360) efectuado en el invernadero del Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN. 1984 . . . . .	96
2A	Calendarización de actividades para el culti <u>i</u> vo de maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) - efectuado en Derramadero, Coahuila. 1985 . .	97
3A	Análisis de varianza para la variable rendimiento de maíz en kg/ha, variedad Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985 .	100
4A	Prueba de Duncan para el rendimiento medio/ - tratamiento en maíz variedad Lucio Blanco - (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985 . .	100

5A	Análisis de varianza de número de granos por mazorca para maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) cosechado en Derramadero, Coahuila - 1985 . . . . .	101
6A	Prueba de Duncan del número de granos por mazorca para maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	101
7A	Análisis de varianza en valores corregidos de por ciento de almidón en maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) cosechado en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	102
8A	Prueba de Duncan para valores corregidos ( $\sqrt{x}$ ) de por ciento de almidón en grano de maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coahuila. 1985 . . . . .	102
9A	Análisis de varianza en valores corregidos de por ciento de proteína, en maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) cosechado en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	103
10A	Prueba de Duncan para valores corregidos ( $\sqrt{x}$ ) de proteína en grano de maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coahuila, - 1985 . . . . .	103
11A	Correlación entre almidón, proteína, número de granos por mazorca y rendimiento en kg/ha en maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) . .	104

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Pág.
1	Croquis de localización de la zona de Derramadero, Coahuila. . . . .	35
2	Crecimiento y desarrollo del maíz variedad - Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	64
1A	Esquema de distribución de los tratamientos en campo en el Ejido San Juan de la Vaquería Derramadero, Coahuila (Junio - Octubre, 1985)	98
2A	Concentración de rendimiento en kg/ha en - maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coahuila, 1985 . . . . .	99

## INTRODUCCION

El rendimiento del maíz, cultivo tradicional de nuestro país, y alimento básico para el mexicano de bajos recursos, se ha visto seriamente limitado por condiciones climáticas y edáficas desfavorables, y por la incidencia de plagas y enfermedades.

Según la información publicada en 1980 por la Dirección General de Economía Agrícola de la SARH, el rendimiento promedio a nivel nacional fué de 1.781 ton/ha, y 1.852 ton/ha para el Estado de Coahuila. El incremento de estos valores requiere de un manejo adecuado del ambiente del cultivo vía fertilización, riego, control de malezas, plagas y enfermedades y/o un aumento del potencial de rendimiento, genéticamente determinado, a través del fitomejoramiento.

La economía precaria de los habitantes del medio rural, que limita el suministro adecuado de insumos agrícolas (fertilizantes, riego, pesticida, etc.), ha incrementado el uso generalizado de diferentes tipos de estiércol y de biofertilizantes sólidos y líquidos para poder satisfacer las demandas nutricionales del cultivo. En este mismo sentido, -

se han reproducido masivamente cepas bacterianas que, previa inoculación, coadyuvan a la absorción de algunos elementos esenciales mediante formación de quelatos, o bien, fijan directamente el nitrógeno atmosférico. Entre estas cepas se incluyen los géneros: *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Denxia* y otros. De éstos el primero es efectivo para fijar el nitrógeno atmosférico en gramíneas por la relación que se establece entre bacteria-planta. Este elemento es esencial para la formación de aminoácidos y proteínas que interviene en el crecimiento, desarrollo de la planta, rendimiento y valor nutritivo del grano.

Esta investigación tiene la finalidad de encontrar una alternativa para incrementar los rendimientos de maíz con el uso de productos renovables (biofertilizantes líquidos o sólidos e inóculos bacterianos) que son más económicos comparados con los fertilizantes químicos que proceden de fuentes no renovables y además, se verán seriamente amenazados en los próximos años.

## Objetivos e Hipótesis

### Objetivos

Determinar el efecto de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico sobre algunas características agronómicas del maíz.

Comparar el efecto del inóculo bacteriano y biofertilizante líquido sobre el rendimiento del grano frente al -

fertilizante químico.

Comparar el valor nutrimental del grano con inóculo y biofertilizante líquido vs fertilizante químico.

Comparar costo de producción y rendimiento en grano.

### Hipótesis

El inóculo de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico y el biofertilizante líquido obtenido por biodegradación anaeróbica del estiércol de bovino son complementos de los nutrientes que requiere la planta, para no presentar deficiencias nutrimentales ya que proporcionan los elementos en forma más fácilmente asimilable, que los fertilizantes químicos.

*Azospirillum*

Historia del Género *Azospirillum*

*Spirillum lipoferum* fué primeramente aislado y descrito por Beijerinck (1925) en Holanda, pero durante casi 50 años el mismo autor permaneció ignorado, hasta que fuera redescubierto en Brasil por Bülow y Döbereiner (1975); Day y Döbereiner (1976); Döbereiner *et al.* (1976). En Argentina lo aislaron por primera vez en Merzari *et al.* (1977) citado por Rodríguez (1981) y desde entonces debido a la creciente importancia de la fijación biológica del nitrógeno, el conocimiento sobre el mismo se incrementó enormemente.

La clasificación como género de *Azospirillum* fué hecha por Tarrand *et al.* (1978), para substituir al antiguo *Spirillum lipoferum* y su división en las especies *A. lipoferum* - *A. brasilense*, lo que consta en el Manual de Bergery (1984) y por Krieg (1976).

*Spirillum lipoferum* es sinónimo de *Azospirillum lipoferum*.

## Taxonomía

Según el Manual de Bergey (1984) el *Azospirillum* se clasifica:

Reino	Procaryote
División	Gracilicute
Clase	Scotobacteria
Familia	No existe
Género	<i>Azospirillum</i>
Especie	<i>A. lipoferum</i> <i>A. brasilense</i>

Medios de crecimiento

Wong *et al.* (1980), encontraron bacterias con características de *A. lipoferum* y *A. brasilense* que crecen bien en cultivos mezclados con organismos celulolíticos y fijan N<sub>2</sub> con celulosa como única fuente vegetal de energía y carbono. La mezcla de cultivos usó celulosa de hojas de trigo, maíz y pasto (*Andropogon gerardii* Vitm).

Nur *et al.* (1980), encontraron en raíces de pastos (*Cynodon dactylon*) bacterias del género *Azospirillum* que crecieron en medio de agar semisólido con cloruro de amonio y sin esta sal, el mejor crecimiento se logró en medio líquido que contenía cloruro de amonio bajo condiciones aeróbicas.

Tarrand *et al.* (1978), aislaron de raíces de sorgo, pastos, maíz y trigo, 61 cepas de *Azospirillum lipoferum* -



que presentaban características similares en un medio de sales peptonato-succinato, cuyas características son de células vibroides con un diámetro de un  $\mu\text{m}$  con flagelo polar; el crecimiento en agar produjo en la bacteria flagelos laterales.

Okon *et al.* (1976), encontraron que el *Spirillum lipoferum* crece en malato, succinato, lactato o piruvato, moderadamente en glucosa o citrato, su crecimiento es aeróbico, sin embargo, en condiciones microaerofílico también es bueno.

Alvarez *et al.* (1983), aislaron por siembra *Azospirillum* sp. a partir de un trozo pequeño de raíz, en medio semisólido y para reconocer las colonias de ésta bacteria, Rodríguez (1981) agregó rojo congo a los medios de cultivo y observó al microscopio, encontrando la bacteria mencionada anteriormente.

### Localización

Monzón (1983), realizó estudios sobre la localización de *Azospirillum* spp en el tejido radicular del trigo (*Triticum aestivum*) y su relación con posibles vías de infección. Incubó raíces de plántulas de trigo de 5, 10 y 15 días de edad que previamente inoculó con *Azospirillum* spp, determinó la actividad nitrogenásica de las plantas por el método de acetileno-etileno y encontró que los sitios de entrada en las raíces de trigo es en las puntas de las raíces y raíces

secundarias, pasando al tejido cortical y cuando empieza la actividad de la nitrogenasa las bacterias se ubican en el xi lema.

Alvarez *et al.* (1980), encontraron una alta incidencia de *Azospirillum lipoferum* y de *A. brasilense* en suelos donde estas bacterias son autóctonas por ser atraídas por exudados radiculares, en gramíneas (maíz, trigo y sorgo); el análisis de los exudados se realizó en las tres semanas de crecimiento de las plantas en condiciones estériles y en medio hidropónico.

Döbereiner (1977), publicó que en maíz las bacterias fijadoras de nitrógeno se encontraron junto a los nudos en el cuello de la raíz y en muchas otras gramíneas la localización de la bacteria en la raíz es intracelular.

Dommergues y Mangenot (1970), encontraron que el *Azospirillum* prefiere la zona de alargamiento de la raíz y de las raíces secundarias, esto se debe a la intensa actividad metabólica y elevada secreción de exudados que caracteriza a estos sitios radiculares. Rovira (1959) demostró la presencia de aminoácidos y otras moléculas orgánicas en los exudados radiculares de muchas plantas incluyendo gramíneas.

### Actividad enzimática

Neyra y Berkum (1976), encontraron que en anaerobiosis se induce la actividad de nitrato reductasa que se requiere para la síntesis de nitrato y proteínas por *S. lipoferum*

y la nitrogenasa en anaerobiosis se estimula por la presencia de nitrato.

Pereira *et al.* (1978), descubrieron que no existe actividad de nitrogenasa en raíces jóvenes de plantas de maíz, después de un período prolongado de preincubación.

Okon *et al.* (1977), encontraron que el *Spirillum lipoferum* posee un sistema nitrogenasa sensible al oxígeno.

Nur *et al.* (1980), encontraron pigmentación de *Azospirillum brasilense* por el contenido de carotenoides que favorecen a la nitrogenasa.

### Pigmentación de colonias

Okon *et al.* (1976), encontraron que colonias de cepas de *Spirillum* fijadoras de nitrógeno muestran coloración rosa; Eskew *et al.* (1977), informaron que éstas eran rosa intenso.

Tarrand *et al.* (1976), publicaron que colonias de cepas de *Azospirillum* presentaban color rojo, y Nur *et al.* (1980), informaron que colonias de *A. brasilense* eran amarillas, por la formación de ciertos pigmentos carotenoides, los cuales ocurren sólo bajo condiciones aeróbicas como protección de la nitrogenasa por daño oxidativo. El color rosa de otras cepas se debe al contenido de citocromo c de las células bacterianas.

## Reconocimiento del Género

Tarrand, Krieg y Döbereiner (1978), encontraron que las bacterias del género *Azospirillum* son ligeramente curvas, con 1  $\mu\text{m}$  de diámetro y longitud de 2.1-3.8  $\mu\text{m}$ . Presentan gránulos intercelulares de poli- $\beta$ -hidroxibutirato, son Gram (-) o Gram variable. Móviles en medio líquido por un flagelo simple polar, en medio sólido a 30°C presentan numerosos flagelos laterales de corta longitud y fijan nitrógeno atmosférico. Se asocian con raíces de cultivos de cereales, pastos y plantas tuberosas. No forman nódulos en raíces.

## Distribución Ecológica

Döbereiner *et al.* (1976), encontraron en áreas tropicales de Africa y Brasil abundantes cantidades de *Spirillum lipoferum*. En Kenya y E.U.A. encontraron esta bacteria (género y especie) en pasto *Panicum maximum*, también lo hallaron en raíces de leguminosas aunque en baja proporción. Sin embargo, un 80 por ciento se encontró en raíces de cereales (maíz, sorgo, trigo y centeno), creciendo en campos fertilizados con P, K y Mo, en Río de Janeiro. Los suelos aluviales favorecen la presencia de *Spirillum lipoferum* más que los suelos de colinas erosionadas. Además, el pH es un factor importante, pues un pH 7.0 favorece a la bacteria y un pH 4.8 o más ácido le causa la muerte.

Taylor (1979), informó que un suelo limoso de las Bahamas cultivado con mijo perla (*Pennisetum americanum*),

fertilizado ligeramente con nitrógeno e inoculado con una mezcla de cultivos de dos especies de *Azospirillum* produjeron rendimientos significativamente más altos de materia seca que el testigo.

Döbereiner (1976-1977), publicó que *Spirillum lipoferum* se encuentra en más del 50 por ciento de los países tropicales y se puede observar una ganancia de 30 a 40 kg de nitrógeno por hectárea debido a la fijación biológica en plantas inoculadas.

#### Especificidad de la Planta Hospedera

Baldani, Lucía y Döbereiner (1980), comprobaron la especificidad del *Azospirillum* spp en un experimento por medio de inoculaciones a cultivos de maíz, trigo y arroz, obteniendo que *A. lipoferum* es específico para maíz y *A. brasilense* para trigo.

Lucía *et al.* (1980), encontraron en un experimento de invernadero, en macetas con suelo sin esterilizar, la especificidad de *Azospirillum* spp para raíces de maíz, trigo y arroz. En campo inocularon mutantes espontáneas resistentes a estreptomycin aisladas del interior de las raíces de plantas no inoculadas.

Döbereiner *et al.* (1979), encontraron en el suelo actinomicetos que pueden producir antibióticos que podrían alterar la inoculación de ciertos tipos de *Azospirillum*.

## Efecto de Pesticidas sobre el *Azospirillum lipoferum* y *A. brasilense*

Marriél y Cruz (1978), encontraron que algunos herbicidas pueden incrementar la capacidad de reducir acetileno - en estas bacterias, tanto en campo como en medios de cultivo.

Alvarez (1983), encontró que los pesticidas heptaclo<sub>ro</sub>, atrazina y linurón, no afectan la actividad de la enzima nitrogenasa, ni afectaron la formación de película subsuperficial que caracteriza a el *Azospirillum lipoferum* y *A. brasilense*.

## Papel del Nitrógeno en la Fijación en Cereales

Döbereiner (1977), encontró que la mayoría de las gramíneas tropicales, inclusive maíz, utilizan más eficientemente la energía solar en su proceso fotosintético por ser plantas C<sub>4</sub>, diferente al de otras gramíneas que tienen un proceso fotosintético C<sub>3</sub>.

Las enzimas nitrogenasas son las responsables de la fijación de nitrógeno atmosférico y de su conversión posterior a amonía dentro de la planta. En este proceso ocurren una serie de reacciones cuyos productos catalizan otras reacciones, entre ellas, la reducción del acetileno en etileno.

También observó que la máxima actividad de fijación de nitrógeno ocurre en la etapa cercana a la floración y que la fijación está íntimamente relacionada con la actividad fotosintética, observándose que esta fijación de nitrógeno -

disminuye o desaparece durante la noche.

### Importancia de la Fijación de Nitrógeno en el Suelo

Tisdale y Nelson (1982), mencionaron que existe una relación estrecha C/N y en términos generales si esta relación es mayor de 30, no hay liberación inmediata de nitrógeno aprovechable, sino que existe fijación de las formas nítricas y amoniacales reduciéndose la disponibilidad del nitrógeno en el suelo; si dicha relación es menor de 20, algo de nitrógeno se mineraliza quedando utilizable para las plantas.

Thompson y Weier (1962) y Vesik *et al.* (1966), publicaron que la apariencia interna de plástidos se altera considerablemente cuando hay deficiencia de nitrógeno, ya que este elemento es el constituyente de proteínas, purinas, pirimidinas, enzimas y coenzimas. Por lo tanto, una interferencia con la síntesis de proteínas y desde luego con el crecimiento es el efecto bioquímico que señala la deficiencia de este elemento, la cual origina un amarillamiento de las hojas o clorosis. Además, una disminución en la fotosíntesis inhibe la formación de aminoácidos esenciales y al mecanismo de síntesis de carbohidratos y de esqueletos carbonados.

### Fijación de Nitrógeno por la Bacteria

Evans (1975) y Brown *et al.* (1975), publicaron que es importante entender la bioquímica, la genética, la

fisiología y la biología de estas bacterias si se quiere obtener la mayor ventaja del nitrógeno fijado biológicamente y dirigir el trabajo básico hacia el campo.

La fijación del nitrógeno es un proceso clave para - que continúe la vida sobre este planeta, por ella se recobra el nitrógeno que se pierde por la vía de la desnitrificación microbiana en el suelo.

Existe también la esperanza de que el conocimiento - del mecanismo de la fijación del  $N_2$  por la nitrogenasa puede estimular el desarrollo de catalizadores que puedan reducir la demanda energética para el nitrógeno fijado industrialmente.

Cada  $N_2$  que se fija requiere aproximadamente de 12 a 24 moléculas de ATP. La estequiometría exacta depende de la relación de los componentes proteínicos, así como la disponibilidad de ATP y de electrones (Shah *et al.* 1975). Este requisito de energía tan alto presumiblemente es la razón de - que la mayoría de los organismos no fijan al  $N_2$ .

Alcalde (1981), presentó cinco requerimientos para - la fijación de nitrógeno en la bacteria:

- a) Un eficiente metabolismo oxidativo
- b) Un mecanismo de protección contra el  $O_2$  para evitar la depresión de la actividad de la nitrogenasa por el  $O_2$  .



- c) Una eficiente fijación del N , con asimilación  $\text{NH}_4^+$  y sin crecimiento de la bacteria.
- d) Una rápida excreción del ión  $\text{NH}_4^+$
- e) Una enzima nitrito reductasa negativa ( $\text{Nir}^-$ )

## Maíz

### Características del Cultivo

Robles (1978), recomendó para el cultivo de maíz suelos de textura franca que permitan el buen desarrollo de la raíz, para que ésta pueda absorber mejor la humedad y nutrientes del suelo y proporcionar un buen anclaje a las plantas en el mismo.

Vidal y Pelletier (1973), mencionaron que los riegos aplicados a los cultivos son: riego de siembra y riegos de auxilio; el primero, para asegurar la germinación de la semilla y emergencia de las plántulas y los últimos, se aplican durante el ciclo vegetativo variando el número y láminas necesarias según las condiciones del suelo y cultivo. También describieron las diferentes formas como se puede aplicar el riego, éstas son: aspersión, infiltración, inundación y goteo.

### Generalidades de la Variedad Sintética

#### de maíz Lucio Blanco

Castro (1977), describió esta variedad con las siguientes características

## Genealogía

Está constituida por cinco líneas endogámicas denominadas Selección Super Enano (SSE) que son:

SSE - 232-1-1

SSE - 76-1-5-1

SSE - 246-2-5-16

SSE - 255-1-1

SSE - 53-1-2-1

Características Morfológicas que Identifican la Variedad

Raíz	Fasciculada
Tallo	Aéreo
Brotes	No produce
Hojas	Erectas de color verde oscuro
Inflorescencia y flores	Espiga chica y ramificada
Semilla	Blanca, dentada y de dureza media

## Otro Carácter

Por ser de entrenudos muy cortos abajo de la mazorca, la altura de ésta es de 30-40 cm. Soporta densidades de siembra hasta de 130,000 plantas por ha, no obstante, todas las plantas tienen mazorca de buen tamaño.

Características Agronómicas de la Variedad

Ciclo a 50 por ciento de floración

70-75 días

Ciclo a cosecha

120-135 días

**Características de crecimiento**

Hábito	Aéreo
Altura promedio	1.20 m
Epoca de floración	Depende de la fecha de siembra y climatología
Fotoperíodo	Día corto
Otras características	Responde a dosis muy altas de fertilizante y aún así no se acama, madura primero la mazorca permaneciendo verde el forraje.
Rendimiento	Alto potencial de rendimiento

**Grado de resistencia o tolerancia a:**

Plagas	Buena resistencia a gusano cogollero y elotero
Enfermedades	Moderadamente resistente a <i>Helminthosporium turcicum</i> y <i>H. maydis</i>
Resistente	<i>Sphaceloteca reiliane</i> , <i>Diplodia zae</i> , <i>Fusarium</i> spp y <i>Ustilago maydis</i>
Acame	Completamente resistente

**Zonas agrícolas para las cuales se recomienda esta variedad**

Altura sobre el nivel del mar	1000 a 1800 m
	Comprende toda la región

del Bajío, incluyendo parte de Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco, además Durango y parte de Coahuila

### Características climáticas para dicha zona

Templada, con fuertes precipitaciones durante los meses de julio, agosto, septiembre.

### Grado de resistencia a condiciones adversas al clima

Vientos	Excelente
Sequía	Moderada
Alta Humedad Relativa	Desconocida
Heladas	Desconocida
Granizo	Moderada
Bajas temperaturas	Moderada
Altas temperaturas	Buena
Otros	Buena tolerancia al fotoperíodo

### Grado de resistencia a condiciones adversas al suelo

Baja fertilidad	Regular
Baja permeabilidad	Moderada
Textura pesada	Buena
Salinidad	Regular
pH	Neutro y ligeramente alcalino
Otros	Responde a sobrefertilización sin acame

### Condiciones especiales del cultivo

Alta densidad de población de 100-130,000 plantas/ha en siembra a 76 cm entre surcos. Es de riego y buen temporal, se debe tener cuidado con malas hierbas en primeros estadios de crecimiento.

### Condiciones socioeconómicas del cultivo

Muy importante como alimento en la dieta del pueblo mexicano en forma de consumo directo.

### Densidad de siembra y de población

Mier, citado por Espino (1972), encontro que la densidad de siembra influyó sobre el porcentaje de mazorcas sanas, aumentando ésta a menor densidad.

Delorit y Alhgren, citados por Espino (1972), informaron que con altas densidades de población se aumenta el rendimiento de forraje pero se reduce la cantidad y calidad del grano.

Vega (1972), encontro en su estudio de cuatro variedades de maíz con densidades de población diferentes que: la densidad de población no afectó el tiempo de floración, existe una relación muy grande entre el número de plantas/ha, la longitud de la mazorca y el diámetro del tallo. Además, el acame y número de plantas sin mazorca son propiciadas por la alta densidad de siembra.

Ramírez y Laird (1960), encontraron que el rendimiento de grano por planta disminuyó al aumentar el número de plantas y también observaron que en altas densidades de población disminuyó el número de mazorcas por planta y aumentó significativamente el número de plantas acamadas. También señalaron que en poblaciones bajas hay un menor efecto por sequía en años con precipitación escasa y la madurez se adelanta.

### Diámetro del tallo

Pallares (1961), encontró que en poblaciones altas se observa una reducción altamente significativa del diámetro del tallo, esto hace que sean más susceptibles al acame.

### Fertilización

Schreiber *et al.* (1962), encontraron que una deficiencia en nitrógeno, cuando las plantas tienen aproximadamente 20 cm de altura, pueden causar la reducción del número de hileras de grano por mazorca, por lo que disminuye el rendimiento final.

Kurtz y Smith (1966), consideraron que por cada 100 kg de grano producido, las plantas requieren 1.8 kg de nitrógeno en el grano y 1 kg en el follaje, que deberá ser abastecido por el suelo.

Martínez (1978), publicó que a una densidad de población de 120 000 plantas/ha y dosis de fertilizante de -

180-100-0 kg/ha de N, P y K, obtuvo mayor rendimiento.

### Biofertilizante líquido

Abencerraje (1984), mencionó que en el proceso de fermentación anaeróbica de la materia orgánica por bacterias, se producen junto con el agua sustancias asimilables para un cultivo.

Mendoza (1985), concluyó que la dosis óptima de biofertilizante líquido para el cultivo de frijol ejotero fue de 300 lt/ha, tal dosis se aplicó en dos partes, la mitad al momento de la siembra y el resto antes de la floración.

Martínez (1982), indicó que para la soya, en condiciones de invernadero, la dilución óptima a usar de biofertilizante líquido es de 1:75 utilizando como diluyente el agua de riego.

Pichardo (1980), indicó que 1 m<sup>3</sup> del biofertilizante líquido producido diariamente puede fertilizar 100 m<sup>2</sup> de terreno por año, a un nivel de 200 kg/ha.

La composición química del fertilizante líquido depende de la especie del animal, edad, alimento consumido, cama utilizada y manejo del estiércol antes de aplicarse.

Arias (1978), publicó que el efluente líquido de la fermentación anaeróbica contiene una alta concentración de nutrientes entre los cuales se citan N, P, K, elementos menores, vitaminas y hormonas para el crecimiento tanto animal

como vegetal.

### Análisis Protéico del Maíz

Vega (1978), indicó que la variedad Lucio Blanco (AN-361), contiene 11 por ciento de proteína en el grano.



El trabajo de investigación se realizó en dos etapas: la primera en invernadero y la segunda bajo condiciones de campo.

### Primera Etapa

#### Localización del Sitio Experimental

Esta etapa se realizó en el invernadero del Instituto Mexicano del Maíz, en el ciclo de abril-septiembre de 1984, que se encuentra localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, a 7 km de la ciudad de Saltillo, Coahuila.

#### Diseño Experimental y Tratamientos

El diseño utilizado fué completamente al azar y los tratamientos establecidos fueron 10, con tres repeticiones cada uno.

Se usaron dos tipos de maíz: la variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa (AN-360); estos materiales fueron proporcionados por Sección Maíz, del

Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN.

Los tratamientos incluyeron: un testigo sin fertilizante, uno con fertilizante químico, dos con la dosis más baja de fertilizante químico con adición de inóculo *Azospirillum lipoferum* en uno y *A. brasilense* en el otro, dos con inóculo de *A. lipoferum*, dos con inóculo de *A. brasilense* y dos con inóculo de la mezcla de las dos cepas (*A. lipoferum* + *A. brasilense*). Los tratamientos se describen en el Cuadro 3.1

#### Tamaño y Distribución de las Macetas

Las macetas utilizadas con capacidad de 6 kg de suelo, fueron numeradas y distribuidas al azar en el invernadero.

#### Fuente de Fertilizante

El recomendado por el tipo de suelo, es el sulfato de amonio que contiene 20.5 por ciento de nitrógeno, éste se utilizó en el tratamiento 2 a una dosis de 160 kg/ha y en los tratamientos 9 y 10 con la dosis más baja de 20 kg/ha.

#### Preparación de Macetas y Semilla

Las macetas se pintaron con Protexa de color negro en el interior para evitar el desarrollo de hongos.

La semilla se lavó para quitar el exceso de arazán y así evitar la muerte de las bacterias inoculadas en los tratamientos correspondientes.

Cuadro 3.1. Tratamientos estudiados en el experimento de invernadero, con el cultivo de maíz en la UAAAN, con la variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa - (AN-360), Buenavista, Coahuila, 1984

Tratamientos		Dosis de nutrimentos				Inóculo
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
1. Testigo absoluto		0	0	0		0
2. Fertilizante químico	(1)	*160	0	0		0
3. <i>Azospirillum lipoferum</i>	(2)					8'000,000**
4. <i>Azospirillum lipoferum</i>	(3)					8'000,000**
5. <i>Azospirillum brasilense</i>	(2)					100'000,000**
6. <i>Azospirillum brasilense</i>	(3)					100'000,000**
7. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> )	(2)					54'000,000**
8. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> )	(3)					54'000,000**
9. Fertilizante químico + <i>A. lipoferum</i>	(4)	20	0	0	+	8'000,000**
10. Fertilizante químico + <i>A. brasilense</i>	(4)	20	0	0	+	100'000,000**

\* Dosis recomendadas de nutrimentos, por el Instituto Mexicano del Maíz

\*\* bacterias viables/ml

(1) Fertilización química

(2) Inoculación en grano

(3) Inoculación en plántula

(4) Fertilizante químico mínimo

## Preparación del Suelo

### Recolección y Tratamiento de las Muestras

El suelo se recolectó en el ejido San Juan de la Vaquería perteneciente a Derramadero, Coahuila, y antes de colocarse en las macetas, se tamizó con malla de 2 mm, sin previa esterilización.

### Muestreo

Se recolectaron 4 muestras de suelo a una profundidad de 0-30 cm y se homogeneizó tomando una muestra representativa de 1 kg, para el análisis físico-químico y las estimaciones bacterianas.

### Preparación de la Muestra para el análisis

La muestra se tamizó en una malla de 2 mm y una partte de ella se guardó en el refrigerador para la estimación bacteriana. Otra porción de 1-5 g se colocó en la estufa por 4 hr a una temperatura de 110°C, determinándose el porcentaje de humedad.

De la parte que se guardó en el refrigerador, se pesaron 10 g y se realizó la estimación bacteriana tomando en cuenta la humedad para expresarlo por gramo de suelo seco, usando el medio Thorton (Martínez, 1981).

Otra porción se secó al sol y posteriormente a la estufa a 80°C durante 4 hr, para determinar los análisis físico-químicos correspondientes, en base seca.

## Análisis Practicados y Métodos de Laboratorio

### Análisis Físico-químico

El suelo recolectado se analizó obteniendo: el por ciento de humedad, pH, textura, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo, nitrógeno y potasio.

### Métodos de Laboratorio

Humedad. Método gravimétrico por pérdida de peso, Voskresenskii y Levina (1939).

pH. Método potenciométrico, con el uso de pH-metro con dos electrodos; uno de vidrio y otro de calomel. Bates (1954).

Textura. Método de dispersión con oxalato de amonio usando el Hidrómetro de Bouyoucos, (1926).

Conductividad Eléctrica. Método por extracto de saturación del suelo, en el cual se mide la resistencia eléctrica por medio de un puente de Wheatstone en una solución que contiene cationes y aniones, con un conductivímetro. U. S. Salinity (1954).

Materia Orgánica. Método Walkley (1946), volumétrico, utilizando dicromato de potasio.

Fósforo. Método colorimétrico de Olsern *et al.* (1954) que consiste en la extracción del elemento y formación de un complejo coloreado con molibdato de amonio.

Malato de sodio	5.0 g
Agar	20.0 g

Completar a un litro usando como solvente agua destilada.

Este medio se preparó disolviendo las sales en 500 ml de agua destilada y se añadió el azul de bromotimol, ajustando el pH a 6.8 con hidróxido de sodio 0.1N y se incorporó al agar disuelto previamente en agua destilada, completándose a volumen de 1 lt con agua destilada.

Listo el medio, se repartió en tubos y se esterilizó el material en la olla de presión a 15 lb, por 10 minutos.

Los tubos se extrajeron, inclinaron e incubaron para probar su esterilidad, antes de usarlos en la siembra.

En seguida se sembró con las cepas de *Azospirillum lipoferum* y *A. brasilense* incubándose a temperatura de 30°C, durante tres días y una vez desarrolladas las colonias, se les añadió aceite mineral esterilizado previamente para conservarlas en refrigeración durante seis meses.

### Reproducción de *Azospirillum*

Las cepas se reprodujeron masivamente sembrando por estría en cajas con agar nutritivo y se mantuvieron en un ambiente microaerofílico incubándose a una temperatura entre 28 - 30°C, por 72 horas.

### Preparación del Inóculo y Semilla

Con las colonias desarrolladas en las cajas se preparó una emulsión con agua de la llave previamente esterilizada, la que se usó en la inoculación de grano y plántula.

La estimación viable de bacterias de *Azospirillum* se realizó antes de llevar a cabo la inoculación.

La semilla de la variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa (AN-360) fue lavada para quitar el arazán (polvo de acción fungicida) con agua de la llave. En caso de no practicarse el lavado, el inóculo de bacterias sufre una disminución en el número, lo que produce una alteración en su actividad.

### Inoculación de Semilla y Plántula

Con una jeringa se inoculó a las semillas la emulsión obtenida en la reproducción masiva de la cepa, y se colocaron tres semillas por maceta para dejar solamente una planta.

Las plántulas se trasplantaron de una caja germinadora cuando tenían 15 días después de sembradas y se les inyectó en la raíz 0.1 ml de inóculo para cada tratamiento (Cuadro 3.2).

### Siembra, Fertilización y Humedad

El 19 de abril de 1984 se llevó a cabo la siembra en el invernadero del Instituto Mexicano del Maíz en la UAAAN -

Cuadro 3.2. Inóculo de *Azospirillum lipoferum* y *A. brasilense* utilizado en el experimento de invernadero Buenavista, Coahuila, 1984.

Género	Especie	Bacterias/ml
<i>Azospirillum</i>	<i>lipoferum</i>	20'000,000
<i>Azospirillum</i>	<i>brasilense</i>	100'000,000



aplicándose el fertilizante químico y el inóculo con las cepas de *Azospirillum*.

El fertilizante químico se aplicó en dos partes, la mitad al momento de la siembra y a los 50 días después de la misma.

El suelo en las macetas durante el experimento se mantuvo a humedad constante.

### Plagas

Se presentó gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y fue controlado con Sevin granulado al 5 por ciento, éste se aplicó directamente al cogollo con un salero.

Otra plaga fué pulgón de la espiga (*Macrosiphum avenae*) y se controló con Malatión líquido en forma de aspersión.

Las dos plagas fueron controladas fácilmente por no presentar una incidencia muy alta.

### Observaciones y Evaluaciones del Cultivo

Los datos tomados en el experimento fueron:

Días a emergencia

Altura de planta

Días a floración

Días a cosecha

### Días a emergencia

Se tomó de las tres plantas en cada maceta, cuando el 100 por ciento de las plantas había emergido.

### Altura de plantas

Se tomó la altura de plantas desde el suelo hasta donde emerge la hoja más joven, a los 43, 73 y 95 días después de la siembra.

### Días a cosecha

Se realizó cuando el grano contenía aproximadamente un 15 por ciento de humedad.

Después de la cosecha se continuó el experimento analizando la raíz de cada planta en el laboratorio particular de la Maestra Mercedes de la Garza Curcho.

### Aislamiento de Bacterias del Género *Azospirillum*

#### Preparación de raíces

De las macetas que contenían las plantas se sacó la raíz y se hizo un corte a nivel raicillas, se lavó la porción cortada, quitando el suelo que tenía adherido.

Las raicillas se esterilizaron con alcohol al 95 por ciento por un minuto, se lavaron con agua destilada esterilizada y se colocaron en tubos de 18 x 150, añadiéndose solución salina (NaCl-0.85 por ciento) previamente esterilizado, en cantidad suficiente para cubrir las raicillas, dejándose

macerar por 24 hr.

### Aislamiento de Colonias de *Azospirillum*

Los tubos que contenían las raicillas, se agitaron manualmente y con un hisopo se tomó una pequeña cantidad sembrándose con el asa, por dilución en cajas que contenían medio NFb (Döbereiner y Day, 1975). Luego, se incubaron en la estufa a temperatura entre 28°-30°C, bajo condiciones microaerofílicas durante 72 hr.

Las colonias desarrolladas en el medio NFb que presentaron las características morfológicas y de pigmentación del género *Azospirillum* se subcultivaron sembrando por estrías en placas de Petri de agar nutritivo.

Se seleccionaron cada una de las colonias que presentaron las características citadas y se resembraron en agar nutritivo utilizando una placa para cada colonia, después se incubaron a una temperatura entre 28°-30°C por 72 hr y en esta forma se aisló el *Azospirillum*.

### Identificación del Género *Azospirillum*

La primera prueba realizada después del aislamiento en agar nutritivo fué hacer una preparación en fresco y observar al microscopio para separar las cepas que morfológicamente pudieron ser *Azospirillum*, además, se hicieron preparaciones para teñir por el método de Gram.

A las cepas que presentaron características semejantes a las bacterias del género *Azospirillum* se les practicaron pruebas bioquímicas que incluyeron formación de ácido y gas en el TSI (glucosa, lactosa, sacarosa e indol), ácido sulfhídrico, prueba de citrato, catalasa y movilidad.

De las cepas aisladas se escogió una cepa de *Azospirillum* sp autóctona de la región, por encontrarse en la raíz de plantas testigo (sin fertilizante, ni inóculo), con ésta y las proporcionadas anteriormente *A. lipoferum* y *A. basilen-sés* se estableció la segunda etapa del experimento en campo, que fué la continuación de la investigación en el invernadero.

### Segunda Etapa

Durante el ciclo agrícola de junio-octubre, 1985, se realizó esta etapa con el cultivo de maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), bajo condiciones de riego.

### Características climáticas y del suelo en la Zona de Estudio

#### Generalidades

El lugar donde se estableció el experimento se encuentra al suroeste de la ciudad de Saltillo, a 20 km sobre la carretera Saltillo-Guadalajara, vía Zacatecas, desviándose 8 km hacia el oeste con las siguientes coordenadas geográficas: 25°15' latitud norte y 101°12' longitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altura de 1804 msnm (Figura 1).

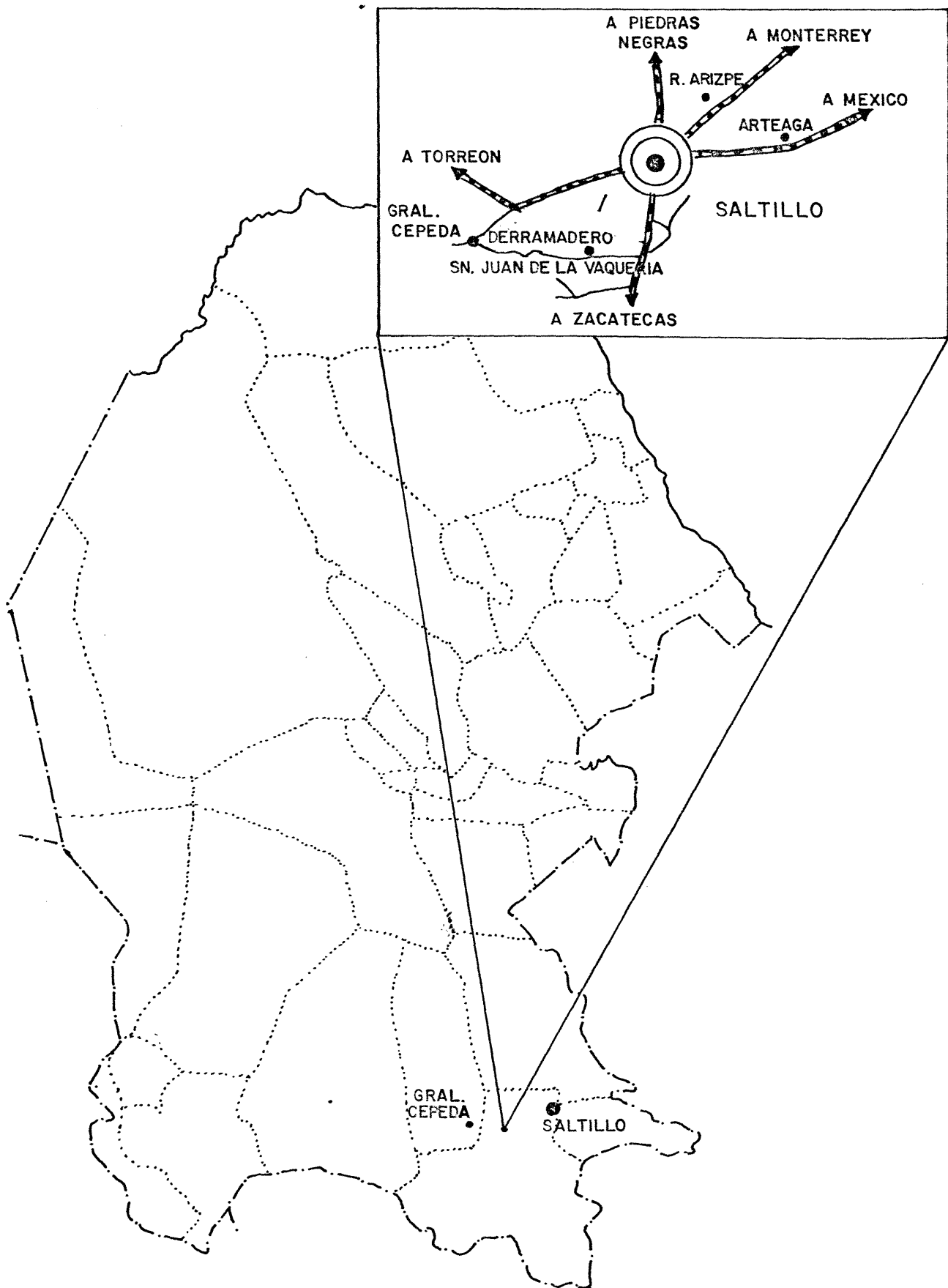


FIGURA I.- CROQUIS DE LOCALIZACION DE LA ZONA DE DERRAMADERO, - COAHUILA.

El ejido San Juan de la Vaquería cuenta con agua potable que se obtiene de un pozo profundo, con energía eléctrica a través de una línea que abastece igualmente a varios ranchos y ejidos de la región.

## Clima

Temperatura. La temperatura mayor se registra en los meses de mayo a septiembre, con la máxima en los meses de junio a julio (23.6° y 23°C respectivamente).

La temperatura menor se registra en los meses de noviembre a febrero, con las mínimas en diciembre (9.9°C)!

Lluvias. La mayor precipitación se presenta de julio a octubre, con 49.6 y 87.3 mm respectivamente.

Los meses secos son de noviembre a marzo, con precipitación nula en el último mes.

El clima de la zona, por la clasificación de Koppen modificado por Enriqueta García, corresponde a la clave BWhw"(e), que significa:

BW: muy seco o desértico

h: semicálido con invierno fresco, temperatura media anual entre 18° - 22°C y el mes más frío menor de 18°C.

w": régimen de lluvias de verano, por lo menos diez veces más que en el mes más húmedo y el

porcentaje de lluvia de invierno se encuentra entre 5 a 10.2, de la total anual.

(e): extremo, oscilación entre 7 y 14°C.

Humedad Relativa. No sobrepasa el 80 por ciento en los meses húmedos.

Evaporación. Alta, pues alcanza valores mayores de 3,000 mm anuales.

Heladas. La mayor incidencia ocurre durante los meses de noviembre a marzo y ocasionalmente en octubre.

La menor incidencia corresponde a los meses de abril a septiembre.

Vientos. Predominan durante el año los vientos del sureste - pero en invierno los del noreste.

Los vientos más fuertes se presentan en los meses de febrero y marzo.

## Suelo

En esta región se formaron con materiales sueltos de rocas ya existentes, los cuales se transportaron por corrientes de agua superficial de las serranías cercanas, como la - Sierra de Huachichil, situada al norte de la zona, por lo - que se clasifican como suelos coluviales.

La unidad de suelo a la que pertenecen, según la clasificación propuesta por FAO/UNESCO, es Kh + Ki, indica que el suelo predominante es Castañozem Háplico, con suelo secundario de Castañozem lúvico, cuyas características generales son: se localizan en zonas semiáridas; en condiciones naturales tienen vegetación de pastizal con algunas áreas de matorral; presentan una capa superior de color pardo, de la cual derivan su nombre (Castaneo: Castaño, Zmelja: tierra), rica en materia orgánica y nutrientes; acumulación de caliche suelto o ligeramente cementada en el subsuelo.

Las texturas que predominan en la región son arcillosas, con drenaje interno bueno.

El uso del suelo es ganadería extensiva con pastos naturales, agricultura de temporal y riego con cultivos tales como el maíz, frijol, avena, chile y papa.

La vegetación natural son pastos y matorrales subinermes.

El agua de riego es de buena calidad y proviene de pozos profundos que operan con bombas de turbina con motores eléctricos.

El tipo de riego es por aspersión con equipo semiportátil o por gravedad.



## Diseño Experimental y Tratamientos

El diseño utilizado fue de bloques al azar, con siete tratamientos y cuatro repeticiones cada uno.

Los tratamientos establecidos fueron:

Un tratamiento testigo sin fertilizante, un testigo con fertilizante químico, un testigo con biofertilizante líquido, un tratamiento con biofertilizante líquido + inóculo (*Azospirillum lipoferum*), uno con biofertilizante líquido + inóculo (*A. brasilense*), uno con biofertilizante líquido + inóculo (mezcla de *A. lipoferum* y *A. brasilense*) y uno con biofertilizante líquido + inóculo (*Azospirillum* sp, aislado de la primera etapa).

Los tratamientos descritos anteriormente se presentan en el Cuadro 3.3.

La disposición de los tratamientos en el campo fue por sorteo en cada bloque.

## Tamaño y Distribución de las Parcelas Experimentales

La parcela experimental incluyó cuatro surcos de 5 m de longitud, con una separación entre ellos de 90 cm.

Para la parcela útil se eligieron dos surcos centrales con la longitud mencionada con anterioridad, dejando 0.5 m en ambas cabeceras sin cosechar.

Los tratamientos se separaron por un surco libre para evitar la confusión entre ellos.

Cuadro 3.3. Tratamientos con fertilizante e inóculo del experimento en campo con maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), bajo condiciones de riego, en Derramadero, Coahuila, 1985.

Tratamientos	Fertilizante e inóculo
1. Testigo absoluto	0 - 0 - 0
2. Fertilizante químico	160 - 80 - 0
3. Biofertilizante líquido	750 lt/ha
4. <i>Azospirillum lipoferum</i> + Biofertilizante líquido	750 lt/ha; 100'000,000 bact/5 ml*
5. <i>Azospirillum brasilense</i> + Biofertilizante líquido	750 lt/ha; 300'000,000 bact/5 ml*
6. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + Biofertilizante líquido	750 lt/ha; 200'000,000 bact/5 ml*
7. <i>Azospirillum</i> sp + Biofertilizante líquido	750 lt/ha; 80'000,000 bact/5 ml*

\* El inóculo se diluyó en 5 ml de solución de goma arábiga al 5% para adherirlo a la semilla

Además, entre bloques se dejó espacio de 1 m, como camino y así diferenciar cada bloque y parcela en el experimento.

En la Figura 1A del apéndice, se esquematiza la distribución de las parcelas en el campo.

### Fertilizantes

#### Fertilizante químico

Como fuente nitrogenada se usó sulfato de amonio, que contiene 20.5 por ciento de nitrógeno.

Como fuente de fósforo se usó superfosfato de calcio simple que presenta 20 por ciento de  $P_2O_5$ .

La dosis aplicada fué única 160-80-00 kg/ha de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente. La aplicación de nitrógeno se hizo en dos etapas: una a la siembra y otra a los 50 días después de la misma y la de fósforo fué total a la siembra.

#### Biofertilizante líquido

Se preparó en un digestor colocado en un costado del establo de la UAAAN, mediante fermentación anaeróbica del estiércol de bovino, la cual duró 30 días. Se separó el efluente líquido del sólido y se aplicó a una dosis de 750 lt/ha, en dos etapas: una mitad a la siembra y la otra 50 días después.

**U.A.A.A.N.**

**00644**

### Densidad de población

La siembra se realizó con una densidad de 55,000 plantas/ha, a una distancia de plantas de 25 cm aproximadamente. La semilla utilizada de maíz fué la variedad Lucio Blanco (AN-361) del tipo opaco, sintético.

### Trabajos de campo

Se preparó el terreno realizando con maquinaria el barbecho y el surcado.

Las prácticas posteriores fueron rastreo y escarda.

### Muestreo de suelo

Una vez seleccionada el área experimental, se procedió a coleccionar siete muestras de suelo, a una profundidad de 0-30 cm para determinar las características físicas y químicas del mismo, que sirven como base para el manejo y fertilización antes de la siembra.

El muestreo final se realizó después de cosechado el grano, procediendo como se explicó anteriormente.

Las muestras se analizaron como se indica en la sección 3.1.6. del capítulo III en la etapa de invernadero.

### Análisis practicados

En la muestra de suelo se analizó: pH, textura, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica.

En el biofertilizante líquido, además de los mencionados anteriormente, se incluyó: fierro, cobre, zinc, calcio y magnesio.

#### Métodos de Laboratorio

Los mismos que se presentan en la sección 3.1.5. del capítulo III, para el suelo.

Para el biofertilizante líquido, además de usar los mismos métodos se incluyó: el método de digestión ácida, A.O. A.C. (1980) por absorción atómica, para el análisis de fierro, cobre, zinc, calcio y magnesio (Cuadro 3.4)

#### Inoculación de Semilla

La semilla se lavó para quitar el arazán, secándose al sol, después se preparó una emulsión con las cepas de *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum* sp. por separado, en solución de goma arábiga, que se usó como adherente (Cuadro 3.5).

#### Siembra y Fertilización

Una vez delimitado el terreno y hecho el rayado con las separaciones correspondientes entre bloques y parcelas, se procedió a colocar en cada tratamiento estacas numeradas para su identificación.

Después de la siembra, se aplicó el biofertilizante líquido diluyéndose en el agua de riego.

Cuadro 3.4. Resultados del análisis del biofertilizante líquido antes de la siembra en Derramadero, Coahuila. 1985.

Determinación	Cantidad
Nitrógeno total	0.28 g/lt
* Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4$ )	0.11 g/lt
* Nitrógeno como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )	0.70 g/lt
Fósforo total	0.157 g/lt
* Fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	0.157 g/lt
* Potasio	0.005 g/lt
* Calcio	0.045 g/lt
* Magnesio	0.082 g/lt
* Hierro	0.003 g/lt
* Cobre	0.005 g/lt
* Zinc	0.006 g/lt
Conductividad eléctrica (CE)	21.0 milimhos / cm
pH	7.8

\* Los elementos están en forma disponible

Cuadro 3.5. Recuento bacteriano de *Azospirillum* por método M.G.C.\* aplicado a la semilla en la siembra en la región de Derramadero, Coahuila, 1985.

Inóculo	Bacterias/ml
<i>Azospirillum lipoferum</i>	700'000,000
<i>Azospirillum brasilense</i>	1900'000,000
<i>Azospirillum</i> sp	500'000,000

\* Mercedes de la Garza Curcho

Las aplicaciones de biofertilizante líquido y químico se hicieron en dos partes: a la siembra y 50 días después de ella.

Para el fertilizante químico, el nitrógeno se aplicó igual que el biofertilizante líquido, sin embargo, para el fósforo la aplicación fué total a la siembra

### Control de Malas Hierbas

Se hicieron dos deshierbes manuales, uno a los 15 días y otro a los 30 días después de la siembra, con éstos se mantuvo el cultivo libre de malas hierbas.

Las principales malas hierbas que se presentaron fueron: Quelite (*Amaranthus* spp) y Coquillo (*Cyperus* spp)

### Observaciones y Mediciones del Cultivo

Como en la sección 3.1.13. de este capítulo del experimento en invernadero, se tomaron datos de emergencia, días a floración, madurez fisiológica y a cosecha.

En esta etapa también se midió la altura de plantas, grosor del tallo y se contó el número de granos por mazorca.

### Grosor del Tallo

Se midió desde la base de la planta, a 10 cm de longitud en las plantas de la parcela útil, de cada tratamiento y repetición.



## Número de granos por mazorca

Cosechado el maíz, se desgranaron las mazorcas de la parcela útil y se contó el número de granos, obteniéndose un promedio en cada tratamiento.

## Plagas y Enfermedades

La primer plaga que se presentó fué trips (*Frankliniella occidentalis*) y la chicharrita (*Dalbulus maydis*) que fueron controladas con una aplicación de malatión líquido en forma de aspersión.

Posteriormente, a los 42 días después de la siembra, se aplicó Sevín para controlar el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Otra plaga fue el gusano elotero (*Heliothis zea*) la que no se controló.

El cultivo no presentó problema alguno con enfermedades.

## Riegos

Se aplicaron tres riegos:

El primero fué de presiembra

El segundo se aplicó a los 58 días

El tercero se aplicó 90 días después de la siembra

Los dos primeros fueron riegos por aspersión y el último fué por gravedad.

Se registraron ligeras lluvias durante el ciclo que ayudaron al crecimiento y desarrollo de las plantas.

### Cosecha

Esta se realizó manualmente cuando las mazorcas presentaron aproximadamente un 15 por ciento de humedad, durante la última semana de octubre, las mazorcas colectadas se tomaron de la parcela útil (los dos surcos centrales) restando - lo de las cabeceras y se colocaron en arpilleras, etiquetadas con su tratamiento y repetición, en cada caso.

### Análisis de Grano

Se desgranaron las mazorcas, se pesó el grano y se obtuvo el rendimiento en kg/ha.

Los análisis practicados al grano fueron: Humedad, Almidón y Proteína total.

### Métodos de laboratorio

Por ciento de humedad: Método gravimétrico, AOAC (1980).

Por ciento de almidón: Método indirecto por precipitación de óxido cuproso, AOAC (1980)

Por ciento de proteína total: Método Kjeldahl, digestión ácida y destilación de amoníaco, AOAC (1980).

## Análisis Estadístico

### Análisis de Varianza

A los resultados obtenidos se les practicó el análisis de varianza, con el fin de determinar diferencias significativas entre tratamientos y repeticiones.

Se calculó el coeficiente de variación (CV) para observar la precisión que se logró a lo largo del experimento, además se calculó la diferencia mínima significativa entre medias, con la prueba de Duncan y se determinó la correlación entre parámetros.

El modelo estadístico utilizado fué bloques al azar para el análisis de varianza, según Cochran y Cox (1975), éste consiste en:

$$Y_{ij} = m + t_i + B_j + E_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = Rendimiento del tratamiento  $i$  en el bloque  $j$

$m$  = Efecto de la media general

$t_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque

$E_{ij}$  = Error experimental

## RESULTADOS

La primera etapa experimental se realizó durante seis meses en el invernadero de Sección Maíz y dos meses en el laboratorio particular de la M.C. Mercedes de la Garza Curcho y en el Laboratorio de Apoyo a la Investigación del Departamento de Ciencias Básicas de la UAAAN. Se llevó a cabo:

### Análisis Físico-químico del Suelo y Estimaciones Bacterianas

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis físico-químico, el suelo se clasificó como arcilloso según el triángulo de texturas. En base al pH se clasificó como ligeramente alcalino; por su conductividad eléctrica se encuentra en el rango normal y no presenta problema de sales; por su contenido de nitrógeno es medianamente pobre; el fósforo se clasificó como medio; en materia orgánica como medianamente rico y para el potasio como rico. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.1.

La estimación bacteriana del suelo indicó un incremento de la población después de la cosecha en los

Cuadro 4.1. Resultados del análisis del suelo antes de la -  
siembra en el Invernadero de Sección Maíz UAAAN.  
1984.

Determinación		Resultado
Textura	Arcilla (%)	45.0
	Limo (%)	30.0
	Arena (%)	25.0
Clasificación textural		Arcilloso
pH		7.4
Conductividad eléctrica		1.10 milimhos / cm
Nitrógeno total		0.17 %
Fósforo disponible		21.12 kg/ha
Potasio disponible		222.8 kg/ha
Materia orgánica		2.5 %

tratamientos inoculados, presentándose los mayores aumentos en los tratamientos 7 y 8. Sin embargo, en el tratamiento con fertilizante químico disminuyó notablemente la población. En los tratamientos 9 y 10 también hubo disminución aunque no tan marcada. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2.

### Observaciones y Evaluaciones del Cultivo

#### Días a emergencia

Los tratamientos inoculados y fertilizados en grano usando maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa (AN-360), presentaron una emergencia casi igual de 10 días (Cuadro 4.3)

#### Altura de planta

Estos datos se tomaron de cada maceta a lo largo del ciclo vegetativo del maíz, sin embargo, la planta no se desarrolló a su máxima altura porque la capacidad de la maceta no fué la adecuada (Cuadro 4.4).

#### Días a floración

Esta etapa se retrasó, probablemente por no tener las condiciones idóneas en el invernadero (Cuadro 4.3).

#### Días a cosecha

Se cosecharon mazorcas pequeñas y no se obtuvo rendimiento por no ser representativo del experimento (Cuadro 4.3)

Cuadro 4.2. Resultado de la estimación bacteriana viable por el método M.G.C. en el suelo con medio de Thor - ton, en el Experimento de Invernadero, 1984.

S u e l o	Antes de la siembra	Después de la siembra
	Bacterias por gramo de suelo seco	
1. Testigo Absoluto	4'000,000	4'200,000
2. Fertilizante químico	4'000,000	3'000,000
3. <i>Azospirillum lipoferum</i> g	4'000,000	4'500,000
4. <i>Azospirillum lipoferum</i> p	4'000,000	4'400,000
5. <i>Azospirillum brasilense</i> g	4'000,000	4'700,000
6. <i>Azospirillum brasilense</i> p	4'000,000	4'700,000
7. Mezcla de ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) g	4'000,000	5'000,000
8. Mezcla de ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) p	4'000,000	5'000,000
9. Fertilizante químico + <i>A. lipoferum</i> g	4'000,000	3'500,000
10. Fertilizante químico + <i>A. brasilense</i> g	4'000,000	3'500,000

g = inoculación en grano

p = inoculación en plántula

Cuadro 4.3. Datos obtenidos en el Invernadero del Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN, con maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa (AN-360), 1984

T r a t a m i e n t o s	Días a 100% de emergencia		Días a 50% de floración		Días a Cosecha *	
	L.B.	P.V.	L.B.	P.V.	L.B.	P.V.
1. Testigo Absoluto	12	15	94	93	154	153
2. Fertilizante químico	10	10	85	84	145	144
3. <i>Azospirillum lipoferum</i> g	10	11	94	94	154	154
4. <i>Azospirillum lipoferum</i> p	12	15	85	84	145	144
5. <i>Azospirillum brasilense</i> g	10	11	90	94	150	154
6. <i>Azospirillum brasilense</i> p	12	15	86	84	146	144
7. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) g	10	12	94	84	154	144
8. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) p	12	15	87	84	147	144
9. Fertilizante químico + <i>A. lipoferum</i> g	10	11	84	84	144	144
10. Fertilizante químico + <i>brasilense</i> g	10	11	84	84	144	144

L.B. = Lucio Blanco  
P.V. = Pancho Villa

g = inoculación en grano  
p = inoculación en plántula

\* 15% de humedad



Cuadro 4.4. Altura de plantas en maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa (AN-360), en el invernadero del Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN. 1984

T r a t a m i e n t o s		Altura media de plantas (cm)					
		L.B. 43 días	P.V.	L.B. 73 días	P.V.	L.B. 95 días	P.V.
1. Testigo Absoluto	*	28	27	64	64	89	89
2. Fertilizante químico	*	32	30	70	62	93	85
3. <i>Azospirillum lipoferum</i>	*	26	24	52	54	80	82
4. <i>Azospirillum lipoferum</i>	*	25	26	63	62	90	88
5. <i>Azospirillum brasilense</i>	*	25	27	61	60	90	87
6. <i>Azospirillum brasilense</i>	*	30	31	60	63	89	90
7. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> )	*	30	27	65	60	95	89
8. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> )	*	30	29	65	54	96	80
9. Fertilizante químico + <i>A. lipoferum</i>	*	28	31	60	59	90	88
10. Fertilizante químico + <i>A. brasilense</i>	*	23	26	61	52	90	77

\* Desde la siembra hasta los 40 días, no se presentaron diferencias marcadas en altura de plantas, lo mismo sucedió 95 días después de la misma

L.B. = Lucio Blanco

P.V.=Pancho Villa

NOTA: La altura máxima que alcanzaron las plantas, varió entre 0.95 y 1.0 m.\*

La segunda etapa experimental se realizó bajo condiciones de campo en el ejido San Juan de la Vaquería y antes de establecerse se analizó el suelo así como también después de la cosecha. En la misma forma se hicieron las estimaciones bacterianas.

### Análisis Físico-químico del Suelo

De acuerdo a los datos presentados en el Cuadro 4.5, el suelo se clasifica como arcilloso; por su pH corresponde a ligeramente alcalino; por su conductividad eléctrica se clasificó como normal, ya que pueden prosperar la mayoría de los cultivos. El nitrógeno se encuentra entre los límites de medianamente pobre; en cuanto al fósforo, se clasificó como medio y para potasio y materia orgánica como rico.

En el Cuadro 4.6 se muestran los resultados del análisis del suelo después de la cosecha.

En general, aumentó el pH en todos los tratamientos, no existió diferencia entre el tratamiento con fertilizante químico y los tratamientos con fertilizante líquido. Los resultados de conductividad eléctrica no presentaron marcadas diferencias; sin embargo, hubo una disminución general.

En cuanto al nitrógeno, los testigos 2 y 3 muestran incremento, así como los tratamientos 4 y 7; mientras que los tratamientos 1, 5 y 6 mostraron una disminución.

Cuadro 4.5. Resultados del análisis de suelo antes de la siembra en Derramadero, Coahuila, 1985.

Determinación	Resultado
Textura	
Arcilla	42 %
Limo	20 %
Arena	38 %
Clasificación textural	Arcilloso
pH	7.4
Conductividad eléctrica	1.3 milimhos / cm
Nitrógeno total	0.185 %
Fósforo disponible	29.4 kg/ha
Potasio disponible	243.4 kg/ha
Materia orgánica	3.2 %

Cuadro 4.6. Resultados del análisis de suelo después de la cosecha, en Derramadero, Coahuila 1985

T r a t a m i e n t o s	pH	<u>milimhos</u> cm C.E.	% N	kg/ha P	kg/ha K	% materia orgánica
1. Testigo Absoluto	7.7	0.97	0.154	15.75	210.0	3.61
2. Fertilizante químico	8.2	0.67	0.207	31.50	212.1	3.72
3. Biofertilizante líquido (750 lt/ha)	8.2	0.81	0.206	14.86	231.0	5.10
4. <i>Azospirillum lipoferum</i> * + 750 lt/ha	8.1	0.95	0.236	31.50	218.6	4.57
5. <i>Azospirillum brasilense</i> * + 750 lt/ha	8.2	0.77	0.172	18.90	229.7	4.47
6. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + 750 lt/ha	8.0	0.86	0.140	18.90	218.6	4.47
7. <i>Azospirillum</i> sp + 750 lt/ha	8.2	0.86	0.220	21.00	222.6	4.36

\* Se fertilizó con biofertilizante líquido a la siembra y a los 50 días después de ella.

En relación al fósforo disponible, disminuyó en los tratamientos 1, 3, 5, 6 y 7, sin embargo, en los tratamientos 2 y 4 aumentó.

En cuanto al potasio aprovechable, disminuyó en todos los tratamientos.

En general, la materia orgánica se incrementó en todos los tratamientos, siendo mayor en los tratamientos con biofertilizante líquido.

#### Estimaciones Bacterianas

Antes de la siembra se delimitaron los bloques en el terreno, se efectuaron las estimaciones bacterianas de cada tratamiento haciendo lo propio después de la cosecha (Cuadro 4.7). Las comparaciones de estas estimaciones indican una disminución poblacional, después de la cosecha, en los tratamientos 1, 2 y 4, en cambio se incrementó en los tratamientos 6, 3, 7 y 5.

#### Observaciones Fisiológicas

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo se tomaron los siguientes datos: emergencia, floración y madurez fisiológica. Estos resultados se concentran en el Cuadro 4.8 para cada tratamiento, presentándose similitud en la emergencia entre los tratamientos 2, 3, 4, 5 y 7 y no así en los tratamientos 6 y 1.

Cuadro 4.7. Estimación viable de bacterias en el suelo (Medio de Thorton), por el método M.G.C.\*, antes de la siembra y después de la cosecha, en Derramadero, Coahuila, 1985

T r a t a m i e n t o s (S u e l o)	Bacterias/g de suelo	
	Antes de la siembra	Después de la cosecha
1. Tratamiento Absoluto	4'800,000	4'700,000
2. Fertilizante químico	4'800,000	4'500,000
3. Biofertilizante líquido (750 lt/ha)	5'000,000	8'800,000
4. <i>Azospirillum lipoferum</i> + 750 lt/ha	4,800,000	4'500,000
5. <i>Azospirillum brasilense</i> + 750 lt/ha	4'900,000	5'300,000
6. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + 750 lt/ha	5'000,000	9'300,000
7. <i>Azospirillum</i> sp + 750 lt/ha	5'000,000	7'000,000

\* Mercedes de la Garza Curcho

Cuadro 4.8. Observaciones fisiológicas del maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985

T r a t a m i e n t o s	D í a s		P r o m e d i o	( $\bar{x}$ )
	Días a 100 % de emergencia	Días a 50 % de floración	Madurez fisiológica de grano	Rendimiento promedio de grano kg/ha
1. Testigo Absoluto	10	95	148	3352
2. Fertilizante químico	7	88	142	4172
3. Biofertilizante líquido ( 750 lt/ha )	7	87	140	3540
4. <i>Azospirillum lipoferum</i> + 750 lt/ha	7	91	148	3627
5. <i>Azospirillum brasilense</i> + 750 lt/ha	8	87	140	3899
6. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + 750 lt/ha	9	93	146	3352
7. <i>Azospirillum</i> sp + 750 lt/ha	8	85	139	4190

En lo relacionado a la floración, el tratamiento 1 - tardó mayor número de días, le siguen en orden descendente - los tratamientos 6, 4, 2, 3, 5 y 7. El último fué el que tardó menos días en florecer.

En cuanto a la madurez fisiológica, los tratamientos 7 y 5 fueron los que tuvieron el tiempo más corto y los tratamientos restantes se retrasaron hasta 8 días.

Otros datos tomados en el experimento fueron: altura de planta y grosor del tallo. Estos resultados se presentan en el Cuadro 4.9 y en la Figura 2.

Lo concerniente a la altura de la planta, el tratamiento 6 presentó la mayor altura 28 días después de la siembra. Durante el lapso comprendido desde los 78-99 días después de la siembra, los tratamientos 2 y 5 tuvieron la mayor altura y grosor del tallo y a los 113 días las diferencias en altura fueron de 2 a 5 cm menores en los tratamientos 5, 6, 4 y 7 comparados con los tratamientos 1, 2 y 3. Además, el grosor del tallo fué mayor en el tratamiento 5, superando al tratamiento químico (t-2).

#### Rendimiento de Grano, Número de Granos por mazorca, Por ciento de Almidón y Proteína

El promedio de rendimiento en kg/ha se presenta en el Cuadro 4.10 mostrando que los tratamientos 7, 2 y 5 son los mejores.



Cuadro 4.9. Datos de altura de planta y grosor de tallo, durante el ciclo vegetativo de maíz, variedad Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coahuila, 1985.

Trat.	h <sup>a</sup>	h	h	h	h	g <sup>b</sup>	h	g	h	g	h	g	h	g	h	g
1	13.00	18.25	35.11	43.20	57.50	8.5	79.93	9.2	98.4	10.1	120.2	10.4	134.0	10.9	140.5	10.0
2	13.18	18.94	37.05	51.60	64.40	9.2	89.75	9.6	108.7	10.5	130.9	10.6	133.8	10.6	139.5	10.8
3	13.37	21.06	37.78	48.50	61.00	7.8	80.40	9.0	97.8	8.9	120.4	9.2	138.2	9.3	139.8	9.2
4	12.81	20.12	38.55	53.40	64.30	9.1	80.00	9.8	103.0	10.0	122.3	10.5	133.9	10.5	137.4	10.4
5	13.81	22.87	38.62	49.40	61.80	8.9	86.00	10.2	101.5	10.4	125.1	11.0	133.3	11.2	135.0	11.0
6	14.00	21.44	40.10	49.60	62.90	8.4	81.10	9.4	94.4	9.5	117.1	9.9	127.0	9.9	135.7	9.7
7	13.75	21.90	37.68	5.180	64.00	8.5	84.10	9.5	106.0	10.0	122.6	10.2	133.4	10.2	137.0	10.2
Fechas de toma de datos	29 junio	16 julio	31 julio	10 agos.	17 agos.	17 agos.	24 agos.	24 agos.	31 agos.	31 agos.	7 sept.	7 sept.	14 sept.	14 sept.	21 sept.	21 sept.
Días	29	46	61	71	79	78	85	85	92	92	99	99	106	106	113	113

a = altura de planta en cm

b = grosor de tallo en cm

NOTA: Después del 1° de junio hasta el 29 de junio, no se presentó diferencia en altura de plantas, ni grosor de tallo, este último presentó diferencias a partir de agosto 17. Después del día 21 de septiembre no hubo cambios en altura y grosor de tallo hasta la cosecha

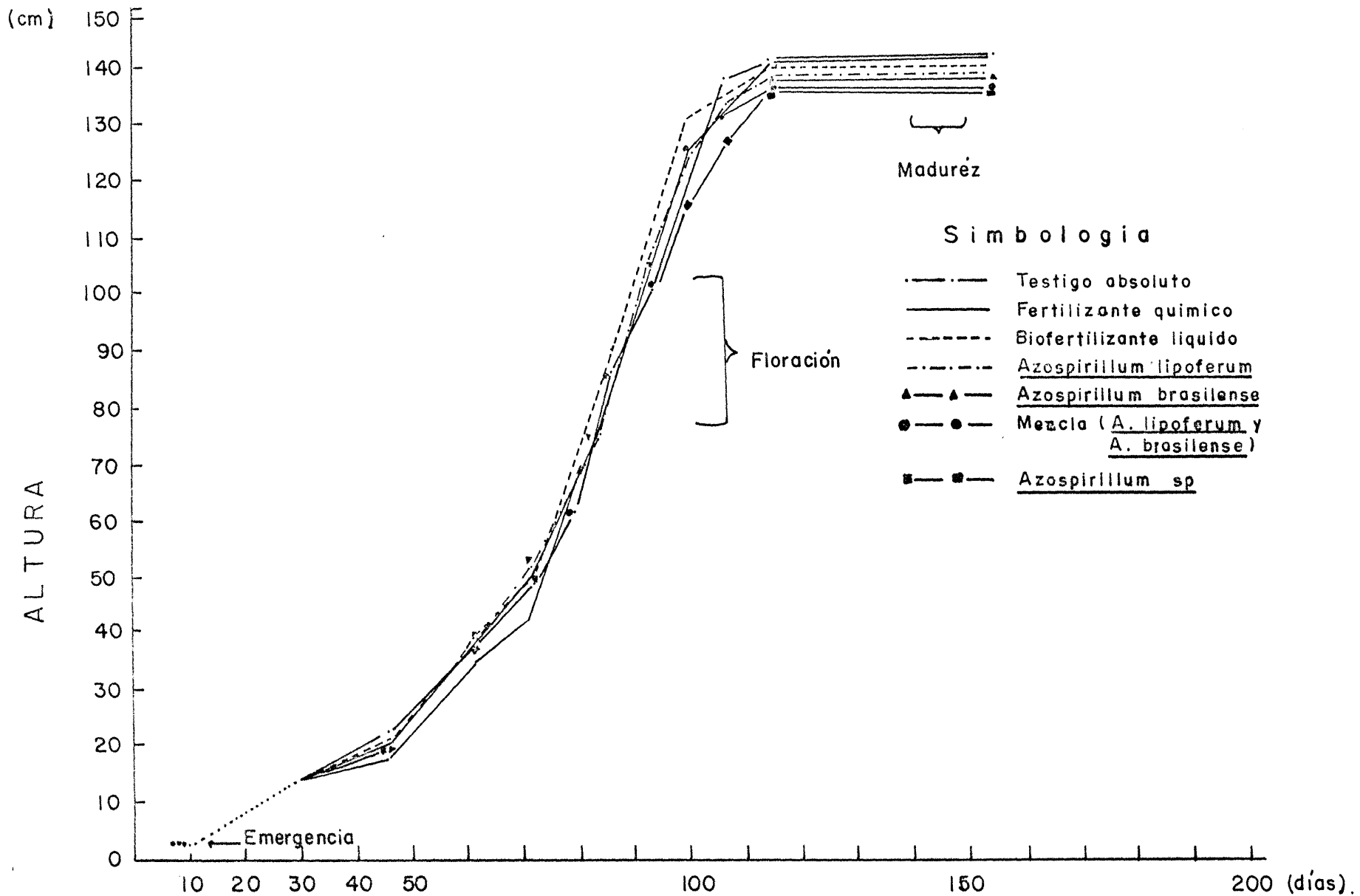


Figura 2.—Crecimiento y desarrollo del maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coah. 1985.

Cuadro 4.10. Concentración de resultados de maíz, variedad Lucio Blanco (AN-361) en Derrama  
 dero, Coahuila, 1985.

Tratamientos	Altura de plantas (cm) 92 días	Grosor de tallo (cm) 92 días	Rendimiento (kg/ha)	Número de granos por mazorca	% Almidón	% Proteína
1	98.4	10.1	3352	336.25	58.02	10.51
2	108.7	10.5	4172	346.50	59.42	10.54
3	97.8	8.9	3540	331.00	58.76	11.04
4	103.0	10.0	3627	352.00	59.72	10.44
5	101.5	10.4	3899	375.00	62.09	10.91
6	94.4	9.5	3352	310.0	57.31	10.40
7	106.0	10.0	4190	385.00	60.16	11.00

En el mismo cuadro se indican el número de granos por mazorca y los tratamientos 7, 5 y 4 exhibieron el mayor número. También se incluyen los porcentajes de almidón y proteína siendo el primero mayor en el tratamiento 5 y de proteína los tratamientos 3, 7 y 5.

### Análisis de Varianza, Prueba de Duncan y Correlación

La concentración de resultados de rendimiento en kg/ha se presentan en el Cuadro 4.11.

El análisis de varianza para la variable de rendimiento aparece en el cuadro 3A del Apéndice, obteniéndose una diferencia altamente significativa para los tratamientos y no significativa para las repeticiones. Además, el coeficiente de variación (CV) es 6.62 por ciento. También se hizo la comparación de medias con la prueba de Duncan, estableciéndose diferencias entre tratamientos. Los mejores tratamientos fueron: 7, 2 y 5. Le siguen, en orden decreciente, el 4 y el 3, y los rendimientos más bajos son para el 6 y el 1 (Cuadro 4A del Apéndice).

En el cuadro 4.12 se presentan los datos de concentración del número de granos por mazorca, de cada tratamiento en los cuatro bloques, y en el cuadro 5A del Apéndice, el análisis de este parámetro, donde se observa que los tratamientos fueron altamente significativos, no así las repeticiones, con un CV de 2.86 por ciento. En el cuadro 6A del Apéndice para la prueba de Duncan, se encontró que los

Cuadro 4.11. Concentración de rendimientos en kg/ha de maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), en los tratamientos estudiados en el ejido San Juan de la Vaquería, Derramadero, Coahuila, 1985

Tratamientos	R e p e t i c i o n e s				$\Sigma Y$	$\bar{Y}$
	I	II	III	IV		
1. Testigo absoluto	3023	4295	3021	3071	13410	3352
2. Fertilizante químico	4186	4210	4202	4093	16691	4172
3. Biofertilizante líquido (750 lt/ha)	3581	4010	3084	3485	14160	3540
4. <i>Azospirillum lipoferum</i> + 750 lt/ha	3781	3707	3527	3489	14508	3627
5. <i>Azospirillum brasilense</i> 750 lt/ha	3998	3887	3870	3844	15599	3899
6. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + 750 lt/ha	3261	3363	3482	3303	13409	3352
7. <i>Azospirillum</i> sp + 750 lt/ha	4123	4315	4242	4083	16763	4190
Total	25957	27787	25428	25368	104540	26132

Cuadro 4.12. Resultados del número de granos por mazorca, obtenido para el maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985

Tratamientos	R e p e t i c i o n e s				$\Sigma Y$	$\bar{Y}$
	I	II	III	IV		
1. Testigo Absoluto	340	342	330	333	1345	336.25
2. Fertilizante químico	350	322	358	356	1386	346.5
3. Biofertilizante líquido (750 lt/ha)	338	323	337	327	1325	331.25
4. <i>Azospirillum lipoferum</i> + 750 lt/ha	344	346	366	352	1408	352.00
5. <i>Azospirillum brasilense</i> + 750 lt/ha	379	376	367	380	1502	375.50
6. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + 750 lt/ha	317	312	304	310	1243	310.75
7. <i>Azospirillum</i> : sp	<u>389</u>	<u>397</u>	<u>381</u>	<u>373</u>	<u>1540</u>	<u>385.00</u>
T o t a l	2457	2418	2443	2431	9749	2437.25

tratamientos 7 y 5 tienen el mayor número de granos por mazorca, le siguen, en orden decreciente, los tratamientos 4 y 2, después el 1 y el 3, y el menor número fué para el 6.

Los resultados del contenido de almidón se presentan en el cuadro 4.13. En el análisis de varianza del cuadro 7A del Apéndice para este parámetro, los tratamientos son altamente significativos, las repeticiones no significativas y el CV es de 3.96 por ciento, además se convirtieron los porcentajes de este polisacárido, por medio de la  $(\sqrt{x})$ . Con estos datos se hizo la prueba de Duncan, resultando que el trabajo 5 es el mejor; le siguen, en orden descendente, los tratamientos 7, 4, 2, 3, 1 y 6. Estos resultados se presentan en el cuadro 8A del Apéndice.

Los resultados de contenido protéico se presentan en el cuadro 4.14, estos valores se transformaron igual que el por ciento de almidón y el análisis de varianza del cuadro 9A del Apéndice indica que los tratamientos son significativos, sin haber significancia en las repeticiones, el CV fue 6.04 por ciento. En la prueba de Duncan los tratamientos 3, 7 y 5 presentan los valores más altos y le siguen el 2, 1, 4 y 6 (Cuadro 10A del Apéndice).

Se estableció la matriz de correlación múltiple entre almidón, proteína, número de granos por mazorca y rendimiento, obteniéndose significancia entre el número de granos por mazorca y almidón; rendimiento y almidón; y entre rendimiento y número de granos por mazorca (Cuadro 11A del

Cuadro 4.13. Resultados del análisis de almidón en maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) en -  
Derramadero, Coahuila, 1985

Tratamientos	P o r c i e n t o   d e   A l m i d ó n				Σ Y	$\bar{Y}$
	R e p e t i c i o n e s					
	I	II	III	IV		
1. Testigo absoluto	58.22	57.92	58.00	57.94	232.08	58.02
2. Fertilizante guímico	59.94	59.71	59.44	58.61	237.70	59.42
3. Biofertilizante líquido (750 lt/ha).	59.80	57.73	59.00	58.53	233.93	58.76
4. <i>Azospirillum lipoferum</i> + 750 lt/ha	59.25	60.25	60.98	58.41	238.89	59.72
5. <i>Azospirillum brasilense</i> + 750 lt/ha	62.63	62.34	61.90	61.50	248.37	62.09
6. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + 750 lt/ha	57.15	57.09	57.23	51.80	229.27	57.31
7. <i>Azospirillum</i> sp	<u>60.10</u>	<u>60.89</u>	<u>59.73</u>	<u>59.95</u>	<u>240.67</u>	<u>60.16</u>
Total	417.09	415.93	416.28	412.74	1660.91	415.48

NOTA: Datos convertidos a  $\sqrt{x}$  para ANVA



Cuadro 4.14. Resultados de análisis protéico del grano en la variedad de maíz Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coahuila, 1985

Tratamientos	P o r c i e n t o   d e   P r o t e í n a				$\Sigma Y$	$\bar{Y}$
	R e p e t i c i o n e s					
	I	II	III	IV		
1. Testigo absoluto	10.79	10.08	10.65	10.54	42.06	10.51
2. Fertilizante químico	10.65	10.50	10.54	10.48	42.17	10.54
3. Biofertilizante líquido (750 lt/ha)	11.48	11.00	10.85	10.85	44.18	11.04
4. <i>Azospirillum lipoferum</i> + 750 lt/ha	10.48	10.20	10.95	10.15	41.78	10.44
5. <i>Azospirillum brasilense</i> + 750 lt/ha	10.92	10.77	10.89	11.08	43.66	10.91
6. Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + 750 lt/ha	10.07	10.51	10.05	10.97	41.60	10.40
7. <i>Azospirillum</i> sp	<u>11.07</u>	<u>11.00</u>	<u>11.31</u>	<u>10.62</u>	<u>44.00</u>	<u>11.00</u>
Total	75.46	74.06	75.24	74.69	299.45	74.84

NOTA: datos convertidos a  $\sqrt{x}$  para ANVA

Apéndice).

### Estudio Económico

El costo del experimento en campo, refleja grandemente la producción del campesino (agricultor), por ello se hizo una relación de gastos utilizando como fuente de fertilización: fertilizante químico y biofertilizante líquido más inóculo (*Azospirillum*).

En el fertilizante químico se utilizó sulfato de amonio y superfosfato simple a una dosis de 160-80-0 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, y el costo por hectárea fue de \$ 6,084.00.

Para el biofertilizante líquido, el costo por hectárea fué de \$ 750.00 y para el inóculo (*Azospirillum*) fué de \$ 2,500.00. Este último incluye costo de cepa y reproducción de la misma, lo que dá un total de \$ 3,250.00.

El biofertilizante líquido se obtiene de un digestor en el que se realiza la fermentación anaeróbica del estiércol de bovino y el costo inicial fué de \$ 20,000.00. Sin embargo, estos digestores pueden durar más de 10 años y pueden funcionar durante 11 meses al año, lo que equivaldría a la fertilización de 10 ha. En el inóculo lo importante es la conservación de la cepa, la cual puede reproducirse indefinidamente y de esta manera se puede proporcionar al agricultor semilla inoculada.

## DISCUSION

Como el análisis físico-químico del suelo utilizado en la primera etapa señaló falta de nitrógeno y de fósforo, fue necesario planear una fertilización química y hacer inoculaciones con *Azospirillum*, ya que estas bacterias son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. (Cuadro 4.1)

En el Cuadro 4.2, sobre las estimaciones bacterianas del suelo, se encontró disminución en los tratamientos que incluyeron fertilizantes químicos y aumentó la población bacteriana en los tratamientos inoculados tanto en grano como en plántula. Esto puede deberse a muchos factores, uno de los cuales puede ser un desequilibrio osmótico de la célula bacteriana frente al medio que la rodea.

En el Cuadro 4.3. se presentan los resultados de emergencia, floración y cosecha (días). Como puede observarse, la inoculación en grano dio buen resultado, por lo que es recomendable hacerla de este modo bajo condiciones de campo, ya que resulta más práctica y menos costosa para el usuario. En relación a la floración, los tratamientos que tardaron menos días fueron los que recibieron fertilizante

químico más inóculo en grano, aunque fué una diferencia mínima entre los tratamientos con y sin inocular. Por otra parte, existe una correlación entre la floración y la cosecha. También hay que señalar que no hubo diferencia marcada entre la variedad y el híbrido utilizado en el experimento.

De una manera general, en el Cuadro 4.4 se aprecia - que la variedad presentó una mayor altura que el híbrido; es - to tal vez se deba a las características genéticas de las - plantas, al inadecuado espacio de la maceta o a las malas - condiciones del invernadero.

En la segunda etapa experimental, el análisis físico químico del suelo también presentó concentración baja en nitrógeno y fósforo, por lo que se establecieron tratamientos con fertilizante químico, biofertilizante líquido y biofertilizante líquido más inóculo. Esto se hizo con el fin de proporcionar al cultivo la cantidad de nutrimentos necesarios - en forma asimilable. Además, se practicó otro análisis físico-químico del suelo después de la cosecha, como puede observarse en el Cuadro 4.6 de donde se dedujo que ambos fertilizantes aportan sales. La conductividad eléctrica en general disminuyó ligeramente en todos los tratamientos, lo que indica que el cultivo los tomó como nutrimentos. El contenido de nitrógeno se incrementó en el tratamiento con fertilizante químico y con fertilizante líquido, pero el incremento fue mayor en los tratamientos con biofertilizante líquido + *Azospirillum lipoferum* y biofertilizante líquido +

*Azospirillum* sp. El incremento de nitrógeno, en el caso del fertilizante químico, puede explicarse porque quizá el sulfato de amonio agregado no fué totalmente utilizado por el cultivo, quedando el excedente en el suelo. Para el tratamiento con biofertilizante líquido el aumento de nitrógeno en el suelo se debió a que éste suele incrementar las poblaciones bacterianas, las cuales tienen un ciclo de vida corto, dando por resultado a una biomasa fácilmente degradable por su tamaño tan pequeño, por otras bacterias que se encuentran en el suelo. Los mayores aumentos de nitrógeno aportados por el *A. lipoferum* y el *Azospirillum* sp, puede explicarse porque el primero es específico en la fijación del nitrógeno en el maíz (Baldani *et al.* 1980) y el segundo caso por ser una cepa autóctona de la zona de estudio. En los tratamientos con biofertilizante líquido + *Azospirillum brasilense* y biofertilizante líquido + mezcla de cepas, se encontró una disminución de nitrógeno en el suelo. Esto se explica porque el nitrógeno no sólo fué fijado por el *Azospirillum* sino que lo tomó del que se encontraba en el suelo con anterioridad tanto por las bacterias como por las plantas.

El fósforo disponible en los tratamientos con biofertilizante líquido, biofertilizante líquido + *A. brasilense*, biofertilizante líquido + mezcla de cepas y biofertilizante líquido + *Azospirillum* sp, disminuyó en el suelo porque las bacterias inmovilizaron fósforo y las plantas también lo asimilaron. En el tratamiento con fertilizante químico y el tratamiento con biofertilizante líquido + *A. lipoferum*, el -

incremento de fósforo se debió, en el primer caso, a que la cantidad de fertilizante fosfatado fué mayor que la requerida por el cultivo y por los microorganismos, y en el segundo caso porque tal vez este *Azospirillum* presenta sinergia con algunos microorganismos del suelo para mineralizar el fósforo.

El potasio disponible disminuyó en todos los tratamientos debido a que este elemento tuvo que ser tomado del suelo, aunque la disminución no afectó la riqueza del mismo.

El contenido de materia orgánica aumentó de una manera general en todos los tratamientos, pero en los tratamientos con biofertilizante más inóculo, fué mayor por la adición de biofertilizante líquido, ya que a la cantidad de materia orgánica derivada de los residuos de la cosecha se suma la que proviene de la biomasa bacteriana, puesto que el citado biofertilizante incrementa las estimaciones bacterianas heterotróficas del suelo.

En el Cuadro 4.7 se presentan los resultados de las estimaciones bacterianas, observándose una disminución en el tratamiento con fertilizante químico y en el tratamiento con biofertilizante líquido + *A. lipoferum*. Esto se debe a que en trabajos anteriores (Abencerraje, 1984), encontró que los fertilizantes químicos disminuyen las estimaciones bacterianas. En el segundo caso se puede explicar por algún antagonismo entre este *Azospirillum* y las bacterias nativas del suelo. En cambio, se observó un incremento poblacional en

los otros tratamientos exceptuando al testigo absoluto.

En el Cuadro 4.8 prácticamente no hubo diferencia en emergencia entre tratamientos, exceptuando en el testigo absoluto y en el tratamiento con biofertilizante líquido + mezcla de cepas, debido probablemente al exceso de bacterias en el inóculo. En lo relacionado a la floración, el tratamiento biofertilizante líquido con *Azospirillum* sp, tardó menos días porque esta bacteria es nativa del suelo en la zona de estudio, por lo que le confiere características como especificidad y efectividad en la fijación de nitrógeno para la planta y en el tratamiento con biofertilizante líquido + *A. brasilense*, cepa proporcionada por la ENCB del IPN, originaria de Brasil, muestra una pequeña diferencia en días a floración con el anterior, a pesar de que Baldani *et al.* (1980), asegura que es específico para trigo y sin embargo, se adaptó perfectamente a la variedad de maíz utilizada. Es obvio que en estos dos tratamientos la madurez fisiológica del grano y la cosecha tardaron menos días ya que existe una correlación con la floración. Además, el rendimiento de grano en kg/ha fué mayor en el tratamiento con biofertilizante líquido + *Azospirillum* sp, comparado con el fertilizante químico ya que el *Azospirillum* sp está en su habitat natural y tal vez le proporciona a la planta mayor cantidad de nitrógeno.

En el Cuadro 4.9 y en la Figura 2 se encuentran los datos de altura de planta y grosor de tallo. A los 113 días después de la siembra los tratamientos: absoluto, con -

fertilizante químico y con biofertilizante líquido, registraron la mayor altura en comparación con los otros tratamientos que recibieron inóculos más biofertilizante líquido, debido al retraso en la floración, porque las plantas siguieron creciendo. En relación al grosor del tallo, el tratamiento con biofertilizante líquido + *A. brasilense*, fué el que mantuvo en casi todo el ciclo del maíz, el mayor grosor, probablemente porque esta bacteria le dió mayor vigor a la planta y lo mismo sucedió con el tratamiento testigo químico.

En el Cuadro 4.10, que incluye: rendimiento de grano, número de granos por mazorca, por ciento de almidón y de proteína, el tratamiento con biofertilizante líquido + *Azospirillum* sp fué el más alto con excepción del por ciento de almidón, por las razones expuestas con anterioridad; le sigue el tratamiento con biofertilizante líquido + *A. brasilense* - el cual superó al anterior en el por ciento de almidón.

De acuerdo al análisis de varianza, prueba de Duncan y correlación que se muestran en los Cuadros del apéndice, - desde el 3A hasta el 11A, se comprueba que, por la prueba de Duncan, los tratamientos biofertilizante líquido + *Azospirillum* sp, y biofertilizante líquido + *A. brasilense*, son los mejores, y en la correlación de parámetros hay una correlación lineal entre el contenido de almidón y el número de granos por mazorca, entre el contenido de almidón y rendimiento y entre el número de granos por mazorca y rendimiento.



En relación al análisis económico, es menos costoso en los tratamientos con biofertilizante líquido + inóculo y aunque el tratamiento de *Azospirillum* sp + biofertilizante líquido se compara en rendimiento con el tratamiento con fertilizante químico, el costo es mucho menor, por lo que es más recomendable.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a las observaciones, resultados, análisis y discusión, obtenidos en el experimento, se concluye lo siguiente:

### En relación con los objetivos

El mejor efecto de bacterias fijadores de nitrógeno atmosférico del género *Azospirillum* sobre la fenología del maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) fueron: *Azospirillum* sp y *A. brasilense* por separado

La relación de los rendimientos promedio del maíz inoculado con *Azospirillum* sp y *A. brasilense* más biofertilizante líquido (750 lt/ha), frente al fertilizado con sustancias químicas (160.-80-0), fueron estadísticamente iguales, según la prueba de rango múltiple de Duncan.

En cuanto al valor nutrimental (contenido de proteína y almidón) el *Azospirillum* sp y el *A. brasilense* fueron mejores que el tratamiento con fertilizante químico.

Los tratamientos inoculados con *Azospirillum* más biofertilizante líquido (750 lt/ha) fueron 50 por ciento menos

## RESUMEN

La investigación se efectuó en dos etapas: la primera se ubicó en el invernadero del Instituto Mexicano del Maíz en la UAAAN, con la finalidad de probar el efecto de bacterias fijadoras de N<sub>2</sub> atmosférico del género *Azospirillum*.

El experimento se estableció en macetas con capacidad de 6 kg, con suelo sin esterilizar, colectado en Derramadero, Coahuila, en abril de 1984.

Se establecieron 10 tratamientos con tres repeticiones cada uno, utilizando un diseño experimental completamente al azar.

Se inocularon con *Azospirillum* tanto al grano y plántula.

Esta etapa se realizó para obtener información durante el ciclo vegetativo del maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa (AN-360), haciendo mediciones fenológicas (altura de planta, días a emergencia, días a floración y días a cosecha).

Al finalizar el ciclo vegetativo, se aislaron bacterias del género *Azospirillum* (fijadoras de nitrógeno atmosférico) de los tratamientos testigo (no inoculados), lo que indica que los suelos del área de influencia de la UAAAN poseen bacterias de éste género, que por ser autóctonas están adaptadas a estas condiciones climáticas y presentan menor competencia con la flora microbiana del suelo como hábitat natural.

La segunda etapa se estableció en la Región de Derramadero, Coahuila, en el verano de 1985, con el maíz Variedad Lucio Blanco (AN-361).

Se incluyeron siete tratamientos con cuatro repeticiones cada uno.

El diseño experimental utilizado fué el de bloques al azar.

La parcela experimental constó de cuatro surcos separados entre sí por 90 cm, los cuales medían 5 m de longitud y cada bloque se separó por un metro.

La distancia entre plantas fué de 25 cm aproximadamente.

Se utilizaron dos fuentes nutrimentales: química y orgánica, aplicándose en la primera sulfato de amonio y superfosfato simple de calcio a una dosis de 160-80-0 kg/ha de N, P y K respectivamente, recomendada por el Instituto Mexicano del Maíz para esta región y genotipo; el segundo es el

producto derivado de la fermentación anaeróbica del estiér - col de bovino, el cual incluye nutrimentos en forma disponible como: N, P, K, Fe, Ca, Mg, Cu, Zn y otros. La dosis aplicada en cada tratamiento fué única, de 750 lt/ha del biofertilizante.

La siembra y la fertilización fué manual, sin embargo, para trabajos a nivel comercial puede realizarse con maquinaria y aplicarse el biofertilizante en el agua de riego.

Ambos fertilizantes se aplicaron en dos partes: mitad a la siembra y el resto 50 días después, sólo el fertilizante químico fosfatado se aplicó totalmente a la siembra.

En la fenología del cultivo que incluye: días a emergencia, floración, altura, grosor del tallo y madurez fisiológica, se observó que los mejores tratamientos fueron *Azospirillum* sp y *A. brasilense*.

El análisis de varianza determinó diferencias altamente significativas entre tratamientos y no significativas para repeticiones; en rendimiento, número de granos por mazorca y contenido de almidón. Para proteína sólo fueron significativos los tratamientos y no significativas las repeticiones.

Con estos parámetros se hizo la prueba de rango múltiple de Duncan, indicando que los mejores tratamientos fueron *Azospirillum* sp y *A. brasilense*, en comparación al tratamiento con fertilizante químico, que fué el más cercano a

ellos.

El análisis de correlación de los resultados arroja una correlación lineal entre el número de granos por mazorca y rendimiento; entre almidón y número de granos por mazorca, y entre almidón y rendimiento.

El análisis económico indica que en general los tratamientos con biofertilizante líquido más *Azospirillum* tuvieron 50 por ciento menos costo que el tratamiento con fertilizante químico, además, estas cepas bacterianas pueden persistir en el suelo y fijar nitrógeno en el suelo en los siguientes ciclos vegetativos.

- Abencerraje, R.F. 1984. Respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de riego al fertilizante líquido obtenido por biodegradación anaeróbica del estiércol de bovino en la Región de Derramadero, Coah. Tesis M.C. Especialidad de Suelos. Programa de Graduados UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- Alcalde, S. 1981. Curso de nutrición vegetal. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Alvarez, R. 1983. Presencia de *Azospirillum lipoferum* y *Azospirillum brasilense* en la rizósfera de algunas plantas cultivadas y silvestres. Rev. Facultad de Agronomía 4(3):271-276. UNAM. México, D.F.
- Alvarez, R. y L.A. Sleiman. 1983. Efecto de algunos pesticidas sobre el *Azospirillum lipoferum* y el *A. brasilense* en cultivo puro. Rev. Facultad de Agronomía, 4(3):277-281. UNAM. México, D.F.
- Alvarez, R. y Lemos A. 1980. Quimiotaxis de *A. lipoferum* y *A. brasilense* hacia exudados radiculares en gramíneas. Actividad de maíz, sorgo y trigo. Rev. Latinoamericana de Microbiología. 22:131-135.
- Arias, Ch.J. 1978. Digestión anaeróbica de desechos orgánicos. Prioridad Estratégica para el Co-desarrollo. Reunión Nacional sobre Energía no Convencional. Palmira, Mor. México.

- Baldani, V. Lucía, D. and Döbereiner, J. 1980. Host-plant specificity infection of cereals with *Azospirillum* spp. Soil Biol. Biochem. 12:433-439.
- Bates, R.G. 1954. Electrometric pH determinations. John Wiley & Sons, Inc., New York. p. 31.
- Beijerinck, M.W. 1925. Ubere in *Spirillum* Welches frein Stickstoff binden Kann Zentralbl. Bakteriologie. Parasitenkd. Infektionskr. Abt. 2. 63:353-359.
- Bergey's Manual. 1984. Bacteriología Sistemática. Ed. I, Vol. I, Sección 2.
- Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E. and Clark, F.E. 1965. Methods of Soil Analysis Chemical and Microbiological Properties. Agronomy 9. Part. II. 1026-1032.
- Bouyoucos, G.J. 1926. Estimation of the colloidal material in soils. Science 64:362.
- Bremner, J.M. 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. J. Agr. Sci. 55:1-23.
- Brown, A.W.A., Byerly, T.C., Gibbs, M., and San Pietro, A. 1975. "Crop Productivity-Research Imperatives" Natl. Sci. Found., Washington, D.C.
- Büllow, J.F.W. von e Döbereiner, J. 1975. Potential for nitrogen fixation in maize genotypes, in Brazil, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 72:2389-2393.
- Castro, G.M.E. 1977. Características de maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), Instituto Mexicano del Maíz. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Charyulu, P.B.B. and Rajaramamohan Rao, V., 1980. Influence of various soil factors on nitrogen fixation by *Azospirillum* spp. Soil Biol. Biochem. 12:343-346.



- Cochran, W.C. y Cox. 1975. Diseños experimentales. Cuarta -  
reimpresión. Ed. Trillas, México. p. 132.
- Cohen, E., Okon, Y., Kigel, J., Nur, I. and Henis, Y. 1980.  
Increase in dry weight and total nitrogen content in  
*Zea mays* and *Setaria italica*, associated with nitro-  
gen-fixing *Azospirillum* spp. *Plant Physiol.* 66:746-  
749.
- Day, J.M., and J. Döbereiner. 1976. Physiological aspects of  
N<sub>2</sub> fixation by a *Spirillum* from *Digitaria* roots. -  
*Soil Biol. Biochem.* 8:45-50.
- Dirección General de Sanidad Vegetal. 1980. Principales pla-  
gas del maíz. Guía Práctica Anual. SARH. México, D.F.
- Dirección General de Economía Agrícola. 1980. Información -  
Agropecuaria. SARH. México, D.F.
- Döbereiner, J. and J.M. Day. 1975. Associative symbiosis in  
tropical grasses. Characterization of microorganisms  
and dinitrogen fixing sites. International Symposium  
on N<sub>2</sub> Fixation Interdisciplinary Discussions, 3-7, Ju-  
ne 1974. Washington State University. Washington, U.  
S.A. 518-538.
- Döbereiner, J. 1976. Nitrogen fixation in grass-bacteria -  
associations a summarized review of recent progress  
VII Relar, CIAT, Colombia. 1-8.
- Döbereiner, J., I.E. Marriell and M. Nery. 1976. Ecological -  
distribution of *Spirillum lipoferum*. Beijernick, -  
*Can. J. Microbiol.* 22:1464-1473.
- Döbereiner, J. 1977. Revisao de literature fixacao de nitro-  
gen em gramineas. *Revista Brasileira do Ciencia do*  
*Solo.* 1:1-9.

- Döbereiner J. 1977. Plant genotype effects on nitrogen fixation in grasses. In genetic diversity in plants (Ed. by A. Muhammed, R. Aksel, and R.C. Von Borstol). Plenum Publishing Corporation.
- Döbereiner, J. and Baldani, V.L.D. 1979. Selective infection of maize roots by Streptomycin-resistant *Azospirillum lipoferum* and other bacteria. Canadian Journal of Microbiology. 25, 1264-1269.
- Dommergues, Y., F. Mangenot. 1970. Mycorrhizes. En: Ecologie Microbienne du Sol. Mason et Cie (Editores), p. 561 Paris.
- Eskew, D.C., Focht, D.D. and Ting. I.P. 1977. Nitrogen fixation, denitrification and pleomorphic growth in a highly pigmented *Spirillum lipoferum*. Applied and Environmental Microbiology. 34, 582-585.
- Evans, H.J. 1975. "Enhancing Biological Nitrogen Fixation". Natl. Sci. Found., Washington, D.C.
- Espino, Q.D.A. 1972. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento, cuateo y caracterizaciones agronómicas, en cuatro variedades de maíz en Apodaca, N.L. Tesis Profesional. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. ITESM. Monterrey, N.L., México.
- Haahtela, K., Kari, K. & Verónica Sundman. 1983. Nitrogenase activity (acetylene reduction) of root associated, cold climate *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Klebsiella* and *Pseudomonas* species during growth on various carbon sources and at various partial pressures of oxygen. Applied and Environmental microbiology. 563-570.
- Krieg, N.R. 1976. Biology of the Chemo-heterotrophic *Spirillum*. Bacteriol. Rev. 40:55-115.

- Kurtz, L.T. and G. Smith. 1966. Nitrogen fertility requirements, pp. 195-235. In: Advances in corn productions (Ed. W.H. Pierre, S.A. Aldrich and W.P. Martin) Iowa St. Univ. Press American Iowa, VII pp. 476.
- Ladha, J.K., Barraquio, W.L. and Watanabe, I. 1982. Immunological Techniques to identify *Azospirillum* associated with wetland rice. Can. J. Microbiol. 28:478-485.
- Lucía V., Baldani, C. & Döbereiner J. 1980. Host-plant specificity in the infection of cereals with *Azospirillum* spp. 433-439.
- Marriell, I.E. and J.C. Cruz. 1978. Increased  $N_2$ -fixation ( $C_2H_2$ ) in field grown maize by herbicide treatments. Alexander Hollaender, Gen. Editor. Limitations and Potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. Plenum Press, New York and London. Basic Life Sciences. Vol 10. p. 340.
- Martínez, M.E. 1981. Análisis comparativo del método clásico y el método M.G.C. para recuentos bacterianos. Tesis M.C. Especialidad de Suelos. Programa de Graduados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Martínez, P.J.F. 1982. Respuesta de la soya (*Glycine max* L.) variedad Tamazula S-80 al fertilizante líquido obtenido por fermentación anaeróbica del estiércol de bovino. Tesis M.C. Especialidad de Suelos. Programa de Graduados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Martínez, M.J. 1978. Diferentes dosis de fertilización, densidad de siembra y dos métodos de siembra en la variedad de maíz Lucio Blanco (AN-361), en Irapuato, Gto. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Mendoza, G.O. 1985. Respuesta en la fenología y el rendimiento de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) al biodegradado anaeróbico líquido del estiércol de bovino en La Aurora, Coahuila. Tesis M.C. Especialidad de Suelos. Programa de Graduados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Monzon, M.A. 1983. Estudios sobre la infección de raíces de trigo (*Triticum aestivum*) por *Azospirillum* spp. Rev. Facultad de Agronomía. 4(3):283-389. México, D.F.
- Neyra, C. & Berkum, P. 1976. Nitrate reduction and nitrogenase activity in *Spirillum lipoferum*. Can J. Microbiol. 23:306-310.
- Nur, I. Okon, & Y. Henis. 1980. Comparative studies of nitrogen fixing bacteria associated with grasses in Israel. Canadian Journal of Microbiology. 26:714-718.
- Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 1980. Published by the Association of Official Agricultural Chemists. 13a. edición. pp. 10-16, 47, 220, 513.
- Okon, Y., Houchins, J.P., Albrecht, S.L. and Burris, R.H. 1977. The growth of *Spirillum lipoferum* at constant partial pressures of oxygen, and the properties of its nitrogenase in cell-free extracts. J. Gen. Microbiol. 98:87-93.
- Okon, Y., Albrecht, S.L. & Burris, R.H. 1977. Methods for growing *Spirillum lipoferum* and for counting it in pure culture and in association with plant. Applied and environmental microbiology. 33:85-88.
- ..... 1976. Factors affecting growth and nitrogen fixation of *Spirillum lipoferum*. J. Bacteriol. 127:1248-1254.

- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dept. Agr. - Circ. 939.
- Pallares, D.C. 1961. Influencia de la fertilización nitrogenada, densidad de población y método de siembra sobre el maíz H-129 en Huexotla, México. Tesis Profesional. Fac. Agr. Chapingo, México.
- Pereira, P.A.A., Büllow, J.F.W., C.A. Von e Neyra. 1978. Actividade da nitrogenase, nitrato-reductase e acumulacao de nitrogeni en milho braquítico *Zea mays* L. (ev. Piranao) em dosis niveis de adubacao nitrogenada. - Rev. Bras. Ciencia Solo 2:28-33.
- Pichardo, E.J. 1980. Obtención de energía mediante la digestión de estiércol de vaca. Tesis profesional. ENEP, UNAM, Cuautitlán, Estado de México.
- Ramírez, P.F. y R.J. Laird. 1960. Densidad óptima de plantas de maíz para los valles de México y Toluca. Folleto Técnico No. 42. OEE. SAG. México.
- Reyes, C.P. 1983. Estadística Aplicada. Agronomía. Biología. Química. Ed. Trillas. Segunda reimpresión. p. 173.
- Richards. L.A. (Editor). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, U.S.D.A. Handbook No. 60. - Washington, D.C.
- Robles S., R. 1978. Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa Wiley. 2a. edición. pp. 34-35.
- Rodríguez, C.E.A. 1981. Nuevo medio para aislar *Azospirillum* sp. I Reunión Nacional sobre Fijación Biológica de Nitrógeno. La Plata. 11-13 de noviembre de 1981. Argentina.

- Rovira, A.D. 1956. Plant root excretions in relation to the rhizosphere effect. The nature of root exudates from oats and peas. *Plant and Soil* 7:178-194.
- \_\_\_\_\_. 1959. Root excretions in relation to the rhizosphere effect. IV influence of plant species age of plant, light, temperature and calcium nutrition on exudation. *Plant and Soil*. 11:53-64.
- Shah, V.K., Davis, L.C. & Brill, W.J. 1975. *Biochim. Biophys. Acta*. 384: 353-359.
- Shreiber, H.A., Stamberry, Co., and H. Tucher. 1962. Irrigations and nitrogen effects in sweet corn row numbers and various growths stages. *Science* 135:1135-1136.
- Tarrand, J.J., Krieg, N.R. & Döbereiner, J. 1978. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group with descriptions of the new genus. *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. *Canadian Journal of Microbiology*. 24:967-980.
- Taylor, R.W. 1979. Response of two grasses to inoculation with *Azospirillum* spp in a Bahamian Soil. *Trop. Agric.* 56(4):361-365
- Thomson, W.W. and T.E. Weier. 1962. The fine structure of chloroplast from mineral deficient leaves of *Phaseolus vulgaris*. *Am. J. Bot.* 49:1047-1055.
- Tisdale, S. y W. Nelson. 1982. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Ed. UTHEA. Primera edición en español. pp. 147.
- Vega, C. 1978. Análisis protéico de maíz de diferentes variedades e híbridos. Laboratorio de Maíz. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Comunicación personal.

- Vega, L.R.A. 1972. Estudio de diferentes variedades de población en cuatro variedades de maíz. Inédito. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. St. Techa. El Salvador, Centroamérica.
- Vesk, M., J.V. Possingham and F.V. Mercer. 1966. The effect of mineral nutrient deficiencies on the structure of the leaf cells of tomato, spinach, and maize. Austral. J. Bot. 14:1-18.
- Vidal, F.C. y P. Pelletier, C. 1963. Diccionario de Suelos. Boletín de guanos y fertilizantes de México, S.A. No. 31 - 34.
- Voskresenskii, M. and Levina, S. 1939. A rapid method of determining soil moisture. Pedology (USSR) 12:87-89.
- Walkley, A. 1946. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils -effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63:251-263.
- Wong, P.P. Stenberg, N.E. and Edgar L. 1980. Characterization of a bacterium of the genus *Azospirillum* from cellulolytic nitrogen fixing mixed cultures. Can. J. Microbiol. 26:291-296.

A P P E N D I C E



Cuadro 1A. Calendarización de actividades para el cultivo de maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) y el híbrido Pancho Villa (AN-360) efectuado en el invernadero del Instituto Mexicano de Maíz de la UAAAN. 1984.

	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Preparación de macetas con suelo	17																			
2. Riego	18 26 4				12 20 28				5 13 21 29				7 15 23 31				8 16			
3. Siembra, inoculación y fertilización química	19								8											
4. Toma de datos de emergencia					29															
5. Transplante e inoculación en plántula					11															
6. Aclareo									19											
7. Aplicación de insecticidas									20											
8. Toma de datos de altura de plantas									25				3 18							
9. Toma de datos de floración																	29			
10. Cosecha																	15 25			

Cuadro 2A. Calendarización de actividades para el cultivo de maíz variedad Lucio Blanco -  
(AN-361) efectuado en Derramadero, Coahuila. 1985

	Mayo	Junio				Julio				Agosto				Sept.				Octubre				
	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1. Preparación del terreno	25																					
2. División de parcelas	26																					
3. Siembra e inoculación		1																				
4. Fertilización		1						21														
5. Riegos	30			*		*			28				29							*		
6. Aplicación de insecticidas						6	11						17									
7. Labores culturales	30		15			1		20														
8. Toma de datos de emergencia		7	10																			
9. Toma de datos de altura de planta						29		16		31		17	24	31	7	14	21					
10. Toma de datos de grosor de tallo												17	24	31	7	14	21					
11. Toma de datos de floración													24	31								
12. Cosecha																					17	24

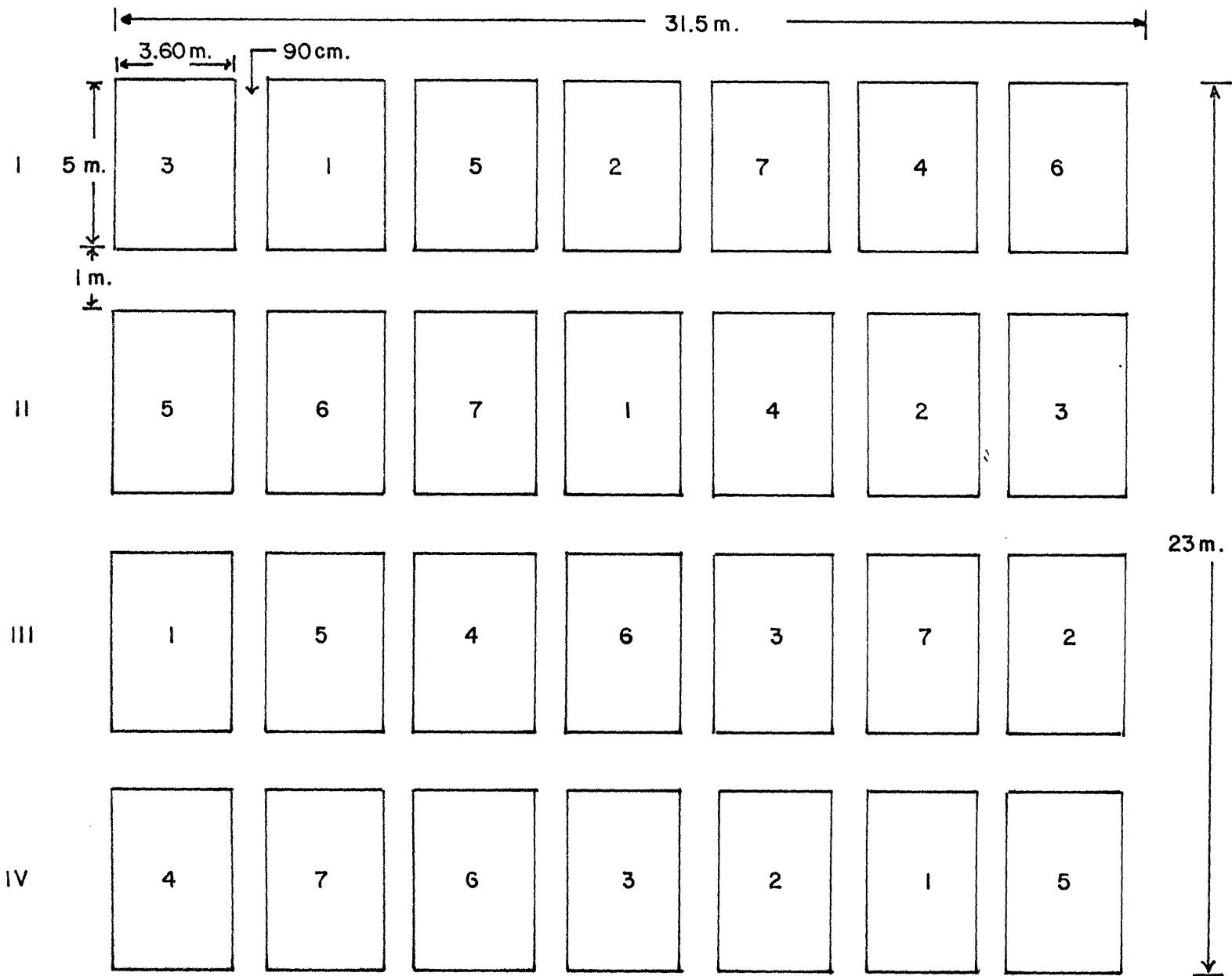


Figura 1A — Esquema de distribución de los tratamientos en campo en el Ejido San Juan de la Vaquería; Derramadero, Coahuila. (Junio— Octubre , 1985).

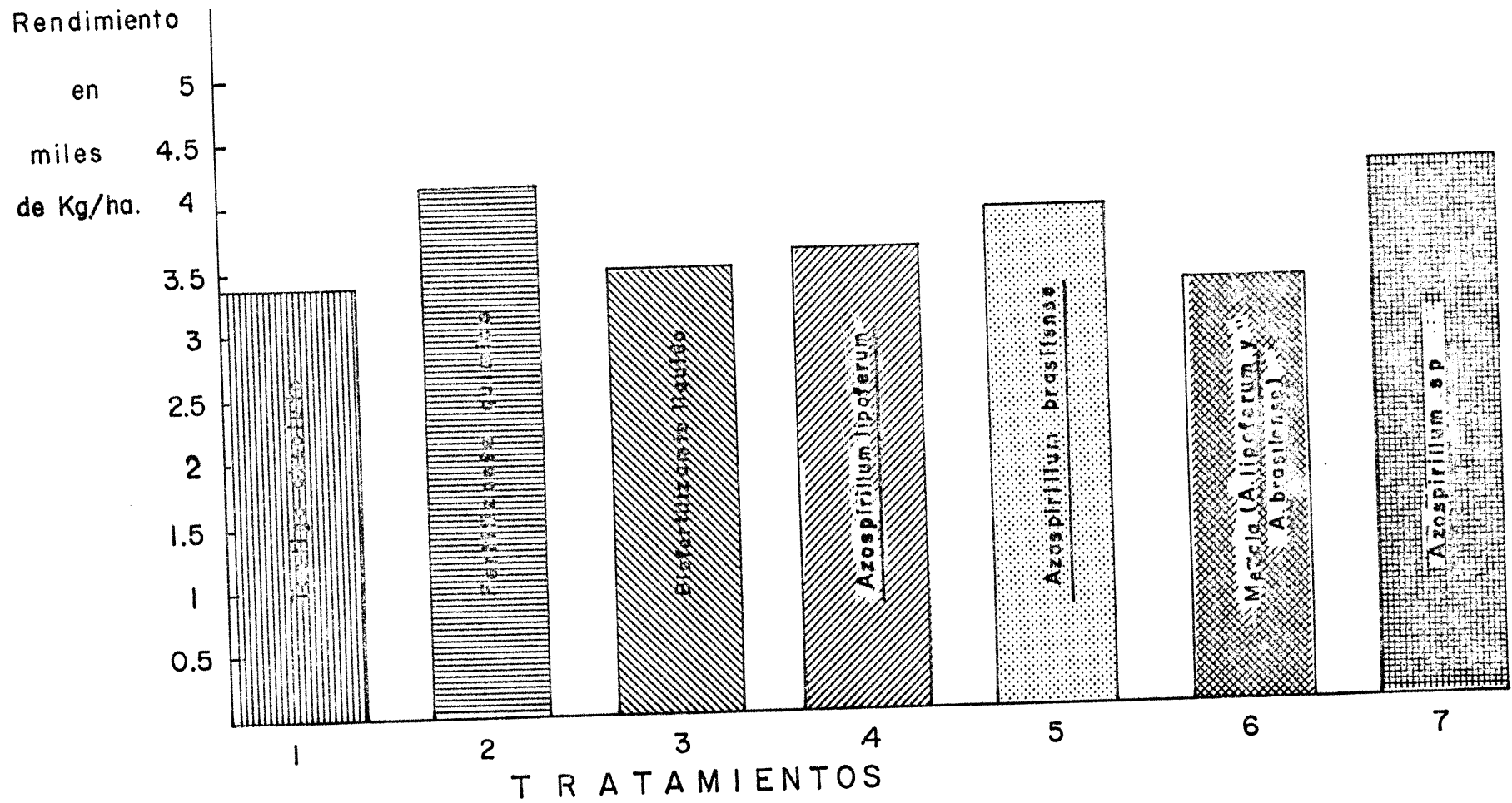


Figura 2A - Concentración de rendimientos en Kg/ha. en maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coah. 1985.

Cuadro 3.A. Análisis de varianza para la variable rendimiento de maíz en kg/ha, variedad Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985.

Fuente de variación	gl	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamientos	6	3075,740.0	512,623.3	8.37**	2.66	4.01
Repeticiones	3	549,836.0	183,277.3	2.99 <sup>NS</sup>	3.16	
Error	18	1102,028.0	61,233.8			
Total	27	4727,604.0				

\*\* diferencia altamente significativa

NS No significativo

CV (Coeficiente de variación) = 6.62 %

Cuadro 4A. Prueba de Duncan para el rendimiento medio/tratamiento en maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) en Derramadero, Coahuila, 1985.

Tratamiento	Medias	Prueba de Duncan 0.01
7 <i>Azospirillum</i> sp + 750 lt/ha	4190	a
2 160-80-0	4172	a
5 <i>Azospirillum brasilense</i> + 750 lt/ha	3899	a b
4 <i>A. lipoferum</i> + 750 lt/ha	3627	b c
3 Biofertilizante líquido (750 lt/ha)	3540	b c
6 Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + 750 lt/ha	3352	c
1 Testigo absoluto	3352	c

Cuadro 5A. Análisis de varianza del número de granos por mazorca para maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) cosechado en Derramadero, Coahuila, 1985

Fuente de variación	gl	S.C.	C.M.	F <sub>C</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamientos	6	15,797.85	2,632.97	26.54**	-2.66	4.01
Repeticiones	3	119.0	39.666	0.399 <sup>NS</sup>	3.01	
Error	18	1,785.15	99.175			
Total	27	17,702.0	2,771.811			

\*\* diferencia altamente significativa

NS no significativo

CV (coeficiente de variación) = 2.86%

Cuadro 6A. Prueba de Duncan del número de granos por mazorca para maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coahuila, 1985.

Tratamientos	Medias	Prueba de Duncan 0.01
7 <i>Azospirillum</i> sp + 750 lt/ha	385	a
5 <i>A. brasilense</i> + 750 lt/ha	375	a
4 <i>A. lipoferum</i> + 750 lt/ha	352	b
2 160-80-0	346	b c
1 Testigo absoluto	336	c
3 Biofertilizante líquido (750 lt/ha)	331	c
6 Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + 750 lt/ha	310	d

00644

U.A.A.A.N.

Cuadro 7A. Análisis de varianza en valores corregidos de por ciento de almidón en maíz variedad Lucio Blanco - (AN-361) cosechado en Derramadero, Coahuila, 1985.

Fuente de variación	gl	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamientos	6	0.389	0.065	12.5919**	2.66	4.01
Repeticiones	3	0.043	0.014	2.8 NS	3.16	
Error	18	0.093	0.005			
Total	27	0.525	0.029			

\*\* altamente significativo

NS no significativo

CV (coeficiente de variación) = 3.96%

Cuadro 8A. Prueba de Duncan para valores corregidos ( $\sqrt{x}$ ) de por ciento de almidón en grano de maíz variedad - Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coah. 1985

Tratamientos	medias	Prueba de Duncan (0.05)
5 <i>Azospirillum brasilense</i> + biofertilizante líquido	7.8750	a
7 <i>Azospirillum</i> sp. + biofertilizante líquido	7.7530	b
4 <i>Azospirillum lipoferum</i> + biofertilizante líquido	7.7230	b c
2 Fertilizante químico	7.7030	b c
3 Biofertilizante líquido	7.6630	b c
1 Testigo absoluto	7.1650	c
4 Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> + <i>A. brasilense</i> ) + biofertilizante líquido	7.4630	d

Cuadro 9A. Análisis de varianza en valores corregidos de por ciento de proteína, en maíz variedad Lucio Blanco (AN-361) cosechado en Derramadero, Coahuila, 1985

Fuente de variación	gl	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamientos	6	0.043	0.007	3.3272*	2.66	4.01
Repeticiones	3	0.004	0.001	0.5 NS	3.16	
Error	18	0.039	0.002			
Total	27	0.085	0.005			

\* significativo

NS no significativo

CV (coeficiente de variación) = 6.04%

Cuadro 10A. Prueba de Duncan para valores corregidos ( $\sqrt{x}$ ) de proteína en grano de maíz variedad Lucio Blanco (AN-361), en Derramadero, Coahuila, 1985

Tratamientos	medias	Prueba de Duncan (0.05)
3 Fertilizante líquido	3.3180	a
7 <i>Azospirillum</i> sp + biofertilizante líquido	3.3100	a b
5 <i>Azospirillum brasilense</i> + biofertilizante líquido	3.3000	a b c
2 Fertilizante químico	3.2430	b c
1 Testigo absoluto	3.2380	c
4 <i>Azospirillum lipoferum</i> + biofertilizante líquido	3.2250	d
6 Mezcla ( <i>A. lipoferum</i> y <i>A. brasilense</i> ) + biofertilizante líquido	3.2230	d



Cuadro 11A. Correlación entre almidón, proteína, número de granos por mazorca y rendimiento en kg/ha en maíz variedad Lucio Blanco (AN-361)

Matriz de correlación							
Proteína		No. de granos por mazorca		Rendimiento en kg/ha			
Almidón		0.526		0.867*		0.662*	
T calc	T tab 0.05	T calc	T tab 0.05	T calc	T tab 0.05	T calc	T tab 0.05
1.382	2.572	3.891	2.571	2.635	2.571		
Proteína		0.553		0.417			
		T calc	T tab 0.05	T calc	T tab 0.05		
		1.484	2.571	1.128	2.571		
No. de granos/mazorca				0.768*			
				T calc	T tab 0.05		
				2.68	2.571		

\* Correlación significativa