

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ ANTONIO NARRO ”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**RESPUESTA A LA INOCULACIÓN CON *Azospirillum sp* Y EVALUACIÓN
PARA RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL TRIGO (*Triticum aestivum*) EN
BUENAVISTA, COAHUILA.**

POR

JAVIER ORTIZ MENDOZA

TESÍS QUE SOMETE EL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

ASESOR PRINCIPAL

M.C. ROSALINDA MENDOZA VILLAREAL

ASESOR

M.C. VICTOR MANUEL ZAMORA VILLA

ASESOR

BIOL. M.C. JAVIER J. LOZANO DEL RÍO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

ING. M.C. MARIANO FLORES DÁVILA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MARZO 1998

DEDICATORIAS

Primeramente dedico este trabajo a Dios, por darme la vida y permitirme concluir con salud y goce una de mis metas más anheladas, por que jamás me abandono en los momentos más difíciles y por creer en mí mismo dandome esa fuerza y fé para creer en él.

A MIS PADRES

ABRAHAM ORTÍZ SOTO (+)

ANTONIA MENDOZA PÉREZ

Especialmente a mí madre, que fué el pilar principal de mi carrera y que en todo momento confio en mí, brindandome su apoyo, amor y cariño desde los inicios de mi carrera hasta la culminación de ésta tesis y por enseñarme con su ejemplo de lucha que el estudio es la base del éxito en la vida.

A MIS HERMANOS

ABRAHAM JOSEFINA

JORGE GUADALUPE

BERTHA JESÚS ANTONIO

M^A EUGENIA CARMEN

A MIS CUÑADAS Y CUÑADOS

Por su valioso apoyo y motivación así como su confianza que me transmitieron en todo momento, pero sobre todo por los lazos de unión y fuerza que existe entre la familia en los momentos buenos y malos de la vida, que fueron los que me dieron la fuerza necesaria para ver realizada mi primera meta en la vida.

A UNA GRAN PERSONA

Srita. GUADALUPE AZUCENA ZUÑIGA ACUÑA quién me brindo su apoyo incondicional y desinteresado en los etapas más difíciles de estudiante, hasta la culminación de éste trabajo.

A TODOS MIS MAESTROS que durante toda mi carrera me transmitieron sus sabios conocimientos que hicieron posible mi formación profesional y como persona así como sus valiosas amistades las cuales conservare por siempre.

A DOS GRANDES AMIGOS LUIS FELIPE MARTÍNEZ VESSI y WILLIAMS MUÑOZ BENAVIDES, compañeros de generación por su amistad y apoyo en los momentos difíciles.

A MI ALMA MATER

Por haberme abierto las puertas y hacerme sentir como mi segundo hogar y ayudarme a obtener mi carrera profesional y sentirme orgulloso de esta institución.

AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento y muy especialmente a mi asesora de tesis **M.C. ROSALINDA MENDOZA VILLAREAL**, quién con su apoyo, orientación, paciencia y sabios consejos hicieron posible terminar éste trabajo, pero sobre todo la amistad que me brindo y que conservare por siempre.

De igual manera agradezco al **M.C. VICTOR MANUEL ZAMORA VILLA**, por su valiosa cooperación, la confianza que depósito en mí y su orientación de principio a fin en éste trabajo y desde luego su invaluable amistad.

Mis más expresivas y sinceros agradecimientos al **BIOL. M.C. ALEJANDRO J. LOZANO DEL RÍO** por apoyarme en la revisión y colaboración de ésta investigación de la misma forma al **ING. MODESTO COLÍN RICO**, quién con su apoyo y sabios consejos, pero sobre todo su valiosa amistad, lograrón la culminación de éste trabajo de investigación.

A **T.L.Q. Ma. de Jesús Sanchez Velazquez**, por el apoyo brindado en la realización de éste trabajo en laboratorio, de igual manera a la **Srita. Sandra López Betancurt**, por brindarme su amistad, cooperación y orientación en todo momento para la realización de éste trabajo.

A la familia **SANCHEZ RODRIGUEZ**, muy especialmente a la **Profa. Sra. Martha Patricia Rodríguez** y al **Ing. Sr. Dionicio Sanchez** y a sus hijos **Edgar** e **Isabel** por su valiosa amistad incondicional, haciendome sentir como en familia brindandome su confianza y su apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera, pero sobre todo sus sabios consejos que me motivaron para seguir adelante. Para ustedes mi gratitud eterna.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pag.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
I. INTRODUCCION	1
HIPOTESIS	3
OBJETIVOS	3
II. REVISION DE LITERATURA	
..... 4 Generalidades del Cultivo	
..... 4	
Morfología del Trigo	4
Clasificación Taxonómica	6
Valor nutritivo del trigo	7
Características de la variedad AN-3-88	8
Calidad del trigo	8
Importancia del nitrógeno	10
Fertilización nitrogenada	11
Efecto del nitrógeno	12
Importancia de la fijación del nitrógeno en el suelo	13
Nitrógeno en el suelo y formas asimilables	14
Importancia del fósforo en la agricultura	15
Fertilización fosforada	16

	53
Efecto del fósforo	17
Fósforo en el Suelo y Formas Asimilables	17
Historia del género <i>Azospirillum</i>	17
Características de la bacteria	18
Clasificación Taxonómica	18
Fijación del nitrógeno por la bacteria	19
Especies diferentes de <i>Azospirillum</i>	20
Actividad de la bacteria	22
Formas de inoculación con <i>Azospirillum</i>	23
Suelos inoculados con <i>Azospirillum</i>	25
Fertilización con <i>Azospirillum</i> en diferentes cultivos	27
Producción de <i>Azospirillum</i> con diferentes sustratos orgánicos	27
Producción de Auxinas y Giberelinas por <i>Azospirillum</i>	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
Localización del Sitio Experimental	32
Material biológico	32
Material genético	33
Preparación del inóculo	33
Preparación del terreno	34
Muestreo del Suelo	34
Tamaño de parcela	35
Densidad y Método de Siembra	35
Tratamientos	35

Fertilización química	54
36	
Aplicación del biofertilizante	37
Riegos	37
Control de plagas, enfermedades y malezas	37
Cosecha	38
Rendimiento	38
Altura de planta	38
Longitud de Espiga	38
Análisis Bromatológico	39
Diseño Experimental	39
Modelo Estadístico	41
Análisis de Varianza	41
Coefficiente de Variación	43
Comparación de Medias	43
Contrastes Ortogonales	44
IV RESULTADOS Y DISCUSION	47
V CONCLUSIONES	70
VI RESUMEN	71
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA	73
VIII. APENDICE	78

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 3.1.- Tratamientos y material biológico	36
Cuadro 3.2.- Determinaciones que incluyen el análisis proximal	40
Cuadro 3.3.- Formulas del análisis de varianza	42
Cuadro 4.1.- Resultados del análisis del suelo	48
Cuadro 4.2.- ANVA para altura de planta primer muestreo	49
Cuadro 4.3.- DMS de altura de planta primer muestreo	49
Cuadro 4.4.- ANVA para altura de planta segundo muestreo	51
Cuadro 4.5.- DMS de altura de planta segundo muestreo	51
Cuadro 4.6.- ANVA para altura de planta tercer muestreo	53
Cuadro 4.7.- DMS de altura de planta tercer muestreo	53
Cuadro 4.8.- ANVA para longitud de espiga	55
Cuadro 4.9.- DMS de longitud de espiga	55
Cuadro 4.10.- ANVA para el rendimiento en Ton/ha	57
Cuadro 4.11.- DMS del rendimiento	57
Cuadro 4.12.- Análisis proximal del trigo antes de la siembra	59
Cuadro 4.13.- ANVA para el contenido de ceniza	60
Cuadro 4.14.- DMS del contenido de ceniza	60
Cuadro 4.15.- ANVA para el contenido de proteína	62

Cuadro 4.16.- DMS del contenido de proteína	62
Cuadro 4.17.- ANVA para el contenido de extracto etéreo	64
Cuadro 4.18.- DMS del contenido de extracto etéreo	64
Cuadro 4.19.- ANVA para el contenido de fibra cruda	66
Cuadro 4.20.- DMS del contenido de fibra cruda	66
Cuadro 4.21.- ANVA para el contenido de humedad	68
Cuadro 4.22.- DMS del contenido de humedad	68
Cuadro 4.23.- ANVA para el contenido de ELN	69
Cuadro 4.24.- DMS del contenido de ELN	69

INDICE DE GRÁFICAS

	Pag.
Gráfica 1A.- Altura de planta para los tres muestreos.....	79
Gráfica 2A.- Longitud de espiga	80
Gráfica 3A.- Rendimiento en Ton/ha	81
Gráfica 4A.- Contenido de Cenizas	82
Gráfica 5A.- Contenido de Proteína	83
Gráfica 6A.- Contenido de Extracto Etéreo	84
Gráfica 7A.- Contenido de Fibra Cruda	85
Gráfica 8A.- Contenido de Humedad	86
Gráfica 9A.- Contenido de Extracto Libre de Nitrógeno	87

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del trigo *Triticum aestivum* por su gran consumo en muchos países del mundo ocupa el primer lugar de producción, además de ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación. En México es el segundo cultivo básico de importancia; se siembra principalmente bajo condiciones de riego un 80 por ciento y el 20 por ciento se siembra bajo condiciones de temporal. Las principales regiones trigueras de nuestro país son: noroeste, norte y el bajío.

El trigo es de gran importancia en nuestro país por que es fuente de alimentación, la mayor parte de la producción de trigo se convierte en harina, la cuál es usada para productos tales como pan, pasteles, galletas y macarrones. Por otro lado, una pequeña cantidad, se utiliza para la industria ganadera (forraje y complemento alimenticio), fabricación de alcohol y algunos preparados para desayunos. Dentro del género *Triticum* las especies de mayor importancia económica son las dos siguientes: *Triticum aestivum*, conocido como trigo común, esta variedad es usada en la industria de la panificación y *Triticum durum*, conocido como trigo macarronero.

En México, debido a los altos costos de los insumos principalmente fertilizantes químicos y de producción, además de la economía precaria de los campesinos, se requiere abatir los costos antes mencionados, por lo cuál se han desarrollado estrategias como el empleo de abonos verdes, estiércol, compostas y actualmente se ha descubierto que mediante el uso de biofertilizantes nitrogenados se disminuyen los insumos, beneficiando al suelo y al ambiente.

Existen bacterias fijadoras de nitrógeno que penetra en las raíces jóvenes y forman abultamientos o nódulos en la raíz que pertenecen al género *Rhizobium*, éstas forman con leguminosas simbiosis, otras bacterias fijadoras de nitrógeno no simbióticas, pertenecen al género *Azotobacter* (Aerobias), *Azospirillum* (Microaerofilicas).

HIPÓTESIS

Mediante la inoculación al suelo con *Azospirillum* se espera incrementar la calidad y el rendimiento del grano, por la fijación de nitrógeno atmosférico en comparación a la fertilización química.

OBJETIVOS

1. Comparar el rendimiento y calidad del grano con los diferentes tipos de fertilización (química y biológica).

2. Determinar el comportamiento de tres diferentes cepas de *Azospirillum* utilizadas (C₁, C₃ y T₂).

3. Determinar el efecto de las tres cepas de *Azospirillum* sp para altura de planta.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo

El trigo se ha desarrollado a partir de variedades silvestres, conocidas como *Emmer* y *Einkorn*, que el hombre prehistórico debía golpear con piedras para mejorar la ingestión de las semillas. Esa era la forma primitiva de molido, hasta que nuestros

antepasados descubrieron que con el grano podía hacerse un tipo de gachas (masa muy blanda y medio líquida) y galletas duras (Jeans, 1981).

Guerrero (1981), menciona que el trigo como los demás cereales pertenecen a la familia de las gramíneas, es una planta monocotiledónea, herbácea, constituida esencialmente de raíz, tallo, hojas y espiga, es una planta autógama, su fruto botánicamente es un cariósido (semilla cubierta), y pertenece al grupo de los granos pequeños de forma oval. El trigo es originario de la región que comprende el Cáucaso, Turkía e Irak de acuerdo a Mangelsdorf, citado por Robles (1990). El trigo puede cultivarse con éxito en una amplia diversidad de condiciones de suelo, pero se adapta mejor a suelos limosos y a migajones arcillosos bien drenados (Robles, 1990).

Morfología del trigo

Las principales características de la planta de trigo son:

- (1) Su altura varía entre 30 y 180 cm.
- (2) El tallo ó caña es recto, cilíndrico y con nudos.
- (3) El nudo es sólido, la mayor parte de los trigos tienen seis nudos.
- (4) Hoja lanceolada, con un ancho de 0,5 a 1 cm y de 15 a 25 cm de largo y tiene de cuatro a seis y esta formada por vaina, limbo o lámina, la lígula, el cuello y las aurículas.
- (5) La lígula es de longitud media.
- (6) La aurícula es despuntada y tiene pelos.

- (7) Plántula, en ella las hojas se despliegan al nacer, girando en sentido contrario de las manecillas del reloj.
- (8) Amacollamiento. Las plántulas de los cereales producen macollos de número variable generalmente de dos a siete.
- (9) Las raíces de trigo son semejantes a las de la cebada y de la avena, (raíces fibrosas).
- (10) Las raíces permanentes o secundarias nacen en el primer nudo, (absorben agua y nutrientes durante la mayor parte del ciclo vegetal).
- (11) Raíces que nacen a partir de la semilla. Regularmente existen cinco raíces seminales, una radical o primaria y cuatro laterales que permanecen durante toda la vida de la planta.
- (12) Espiga de un trigo macarronero, es densa y corta. Presenta varias espiguillas que terminan en una arista o barba.
- (13) El grano del trigo macarronero es generalmente alargado, puntiagudo, duro y de color ámbar rojizo.
- (14 y 15) Espiga de trigo común es larga y densa, los granos son ovalados pueden ser duros o blandos.

La importancia de los cereales radica en que:

- Contiene nutrientes en forma concentrada.
- Son fáciles de almacenar, transportar y se conservan por mucho tiempo.
- Se transforman con facilidad en otros alimentos.
- Se les puede utilizar como materia prima o como producto elaborado.

Los cereales, son ricos en proteínas, minerales y vitaminas (Manuales para Educación Agropecuaria, 1985).

Clasificación taxonómica

Robles, citado por Colín (1992), menciona que el trigo se clasifica botanicamente de la siguiente manera:

CATEGORIA	CLASIFICACIÓN
Clase	Monocotiledoneae
Orden	Gramineae
Familia	Graminales
Tribu	Triticeae
Sub-Tribu	Triticinae
Género	<i>Triticum</i>
Especie	<i>aestivum</i>

Valor nutritivo del trigo

Entre el 40 y 45 % de la totalidad de las proteínas del trigo, está compuesta por el glúten y ésta se compone de gliadina y glutenina. Durante la digestión los aminoácidos se descomponen, y son absorbidos para pasar a la corriente sanguínea y son transformados en proteínas que el organismo necesita para crecer. El organismo utiliza los aminoácidos y no las proteínas como tal (Aykroya y Doughty , 1978).

Hanson y Anderson (1982), mencionan que el valor nutritivo está determinado no sólo por la cantidad de proteínas en el grano, sino por el balance de aminoácidos dentro de éstas. Una parte de la proteína del trigo es el gluten. El gluten hace que la masa se esponje para la fabricación del pan (Manuales para Educación Agropecuaria, 1985).

La proteína es el nutriente esencial de “construcción del cuerpo”, necesario para el crecimiento, reparación y mantenimiento de los tejidos. La riqueza protéica del trigo varía ampliamente (6-21%) y depende de los factores genéticos, los edáficos (condiciones del suelo y clima) que prevalezcan en el lugar de cultivo y de los tratamientos con fertilizantes, así como recolección, secado, transporte, ensilaje. El gluten, es el principal ingrediente que tiene propiedades elásticas y de esponjamiento de gran valor para la fabricación de pan y otros productos. Las propiedades elásticas que se desarrollan durante el amasado, se deben posiblemente, a la oxidación de enlaces disulfuro o a la formación de nuevos enlaces, el contenido de azúcares del embrión de trigo oscila de 16 a 23% y de 1 a 6 % de grasas (Kent, 1987).

Características de la variedad AN-3 88

Zamora y Lozano (1995), menciona que el trigo variedad **AN-3 88** presenta ciertas características, es un trigo hexaploide (6n), su espiga es de tipo fusiforme, variedad primaveral, tiene buena resistencia al desgrane, la espiga al madurar es erecta, el grano es de color ambar y el glúten medio o medio-tenaz, es susceptible al

Pulgón Ruso (*Diuraphis noxia*) y es moderadamente resistente a la Roya de la hoja (*Puccinia recondita*).

Calidad del trigo

Kent (1987), menciona el trigo desde el campo hasta la mesa, pasa por muchas manos; todo aquel que lo maneja, está interesado en él, pero de formas diversas.

- El agricultor, desea buena cosecha y alto rendimiento Kg/ha, que le significa ganancia.
- El molinero, pide trigo con buenas propiedades para moler, almacenar y rendir la máxima cantidad de harina para un uso determinado.
- El panadero, quiere harina adecuada para hacer pan, galletas, etc., que le demandan los consumidores.
- El consumidor, exige un buen sabor, tener un alto valor nutritivo y aspecto en las mercancías que adquiere.

La definición básica de calidad de trigo usualmente varia de una clase de trigo a otra. La definición sencilla de calidad de trigo probablemente es un término propio, para la producción de macarrón y semola (Heyne, 1987). En el endospermo de grano de trigo se encuentran las proteínas esenciales que determinan la calidad del trigo. Sus propiedades están ligadas a la composición de las proteínas del gluten y a las propiedades fisicoquímicas de sus componentes. El gluten es un complejo viscoelástico constituido por dos proteínas, gluteninas y gliadinas. Las gliadinas

confieren extensibilidad a las masas y las gluteninas proporcionan elasticidad.

Dentro de las proteínas del gluten, las gluteninas son especialmente importantes para impartir firmeza al spaghetti (Nieto et al 1992). La calidad de una variedad de trigo suave o trigo blando, esta definida en términos de su adaptabilidad y molienda para la producción de galletas, pasteles o bizcochos. La calidad de un trigo duro, está definida en términos de su adaptabilidad para la producción de sémola y macarrones. La calidad de trigos primaverales e invernales rojos duros, está definida en términos específicos de molienda y propiedades del horneado que determina la adaptabilidad de un trigo para la molienda y producción de pan. De éste modo, la calidad de cualquier especie de trigo puede ser expresado en términos de una sola propiedad, pero dependiendo de una severa molienda, horneado, procesamiento y características físicas de amasado, importantes para la producción de pan y productos de pastelería. Similarmente, la calidad de trigo duro influye sobre ciertas propiedades de sémola y macarrón (Quisenberry y Reitz, 1967).

Importancia del nitrógeno

Jacob (1973), determinó que todos los seres vivos estan asociados a éste elemento como constituyente característico en todos los procesos vitales. Está presente en compuestos fisiológicos importantes dentro del metabolismo vegetal, como la clorofila, los nucleótidos, los fosfátidos, los alcaloides, así como las enzimas, hormonas y vitaminas, se considera como un elemento estructural y metabólico que incrementa el contenido de aminoácidos en cultivos alimenticios y forrajeros. Es

esencial en la primer etapa del desarrollo y constituye un elemento básico de los seres vivos. Proporciona el color verde oscuro a las plantas y forma parte de la clorofila y de las proteínas (Ortíz y Ortíz, 1984).

En condiciones de campo, la principal fuente de nitrógeno disponible para las plantas es el nitrato (NO_3^-), que es producido por las bacterias nitrificantes del suelo al convertir el nitrógeno amoniacal o urea que entra al suelo por descomposición y excreción o que se añade como fertilizante. Las plantas pueden utilizar nitratos ya que poseen enzimas que reducen el nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) y transformarlo a (NH_4^+) amonio (Ray, 1985).

Guerrero (1981), indica que en el momento de encañado el trigo requiere elevadas concentraciones de nitrógeno y una escasez provoca que las plantas tomen un color verde pálido, su crecimiento sea lento y la planta se endurezca, pero un exceso prolonga el ciclo vegetativo de la planta y hace a las plantas más susceptibles a las enfermedades.

Fertilización nitrogenada

Smika y Greb (1973), mencionan que un suministro adecuado de nitrógeno no solo eleva el contenido de proteínas y valor nutritivo del grano, sino también mejora su grado de panificación, además el nitrógeno está relacionado con la fertilidad del suelo, el clima y la variedad, principalmente durante la época del crecimiento del

cultivo. La aplicación de nitrógeno al suelo en las primeras etapas de desarrollo (antes de la floración) genera un rendimiento alto de grano y la aplicación de nitrógeno en la floración o un poco más tarde producirá más proteína en el grano, pero tendrá un efecto menor sobre el rendimiento (Hanson y Anderson, 1982).

En un ensayo de campo los cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) “Klein Chamaco”, “Buck Pangaré”, “Leones INTA” y “Marcos Juárez INTA” se abonaron con 94 kg/ha (N+P), acordes con las siguientes proporciones (kg/ha): (a) 76.1 N+17.9 P; (b) 17.9 N + 76.1 N; (c) sin (N+P), 49.1 Ca; y (d) sin (N + P + Ca). Se midió el crecimiento de la parte aérea, el rendimiento de grano y sus componentes, y las concentraciones de N y P en la parte aérea. La respuesta del crecimiento aéreo al N y P se manifestó a lo largo de todo el ciclo de crecimiento. El efecto de la proporción de N y P lo hizo en las primeras 10.7 semanas. El rendimiento de grano (12% humedad) promedio del ensayo fué 6.140 kg/ha; los rendimientos mayores se debieron al abono con N y P. La proporción “óptima” de N y P para el rendimiento de grano de “Klein Chamaco” fué: 38 % N + 62 % P; para los otros cultivares, 50 % N + 50 % P. El rendimiento de grano dependió, fundamentalmente, del número de espigas por m². El número de granos por espiga fue una característica varietal, y no fue influido por la fertilización química. El peso de mil granos dependió tanto de los tratamientos de fertilización como de los cultivares. Se concluyó que el método empleado es útil como complementario factorial, (Ginzo et al 1983).

Efecto del nitrógeno

Barberis (1983), realizó experimentos de campo de 1978 a 1982 en el Pampa Ondulada, en los cuales aplicó proporciones de 45 y 95 Kg de nitrógeno / ha en trigo, incrementando el promedio en rendimiento de grano por 450 y 580 Kg / ha respectivamente.

Hinojosa (1981), realizó un trabajo sobre niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo con diferentes densidades de siembra en trigo, en la zona de General Bravo, N.L., obtuvo un rendimiento medio de 3,880 Kg / ha con una dosis de 60 Kg de nitrógeno, con una densidad de siembra de 160 Kg de semilla / ha. El fósforo no presentó ningún efecto.

Ramírez (1980), en la región de Navidad N.L., aplicando una fertilización con nitrógeno, observó un aumento en el rendimiento de grano de trigo utilizando una dosis de 160 Kg/Ha de nitrógeno, y encontró que el costo-rendimiento con la dosis de 80 Kg/Ha de nitrógeno fué la más económica y presentó un equilibrio costo-rendimiento.

Importancia de la fijación de nitrógeno en el suelo

Tisdale y Nelson (1982), mencionan que existe una estrecha relación C/N y en términos generales si ésta relación es mayor de 30, no hay liberación de nitrógeno aprovechable, sino que existe fijación de las formas nítricas y amoniacales reduciendo la disponibilidad del nitrógeno en el suelo; si ésta relación es menor de

20, una parte de nitrógeno se mineraliza quedando utilizable para las plantas, siendo ésta la más adecuada para el cultivo.

Una deficiencia del nitrógeno, como elemento constituyente de proteínas, purinas y enzimas ocasionan una reducción en la fotosíntesis, inhibiendo la formación de los aminoácidos necesarios, provocando también amarillamiento de las hojas conocido como clorosis (Thomson y Weier, 1962).

Nitrógeno en el suelo y formas asimilables

Fasshendder (1980), menciona que el contenido de nitrógeno total en los suelos presenta un amplio ámbito, pero es común el límite comprendido entre 0.2 y 0.7 % para la denominada capa arable. El nitrógeno orgánico constituido por aminoácidos, proteínas, aminoazúcares y otros complejos, (generalmente compuestos no identificados) representan comúnmente, entre el 85 y 95 % del nitrógeno total.

Tisdale y Nelson (1982), establecen que la planta puede utilizar formas orgánicas del nitrógeno ya sea en forma de aminoácidos (resultantes de la muerte y putrefacción de vegetales y animales) o bien en asperciones foliares de urea.

Gil (1995), menciona que el nitrógeno se encuentra en el suelo como NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ y NH_3 libre, pero la mayor parte, en forma de materia orgánica en el suelo de los restos de vegetales y animales en descomposición (humus), en forma de

microorganismos y compuestos orgánicos. La mayor parte del nitrógeno que se encuentra libre en el suelo no es aprovechable por las plantas, sin embargo, existen microorganismos libres que pueden fijarlo como las del género *Azospirillum*.

Importancia del fósforo en la agricultura

Las cenizas del grano de trigo contienen el 50% de fósforo expresado en anhídrido fosfórico, de ahí la importancia de este elemento en el grano. El fósforo en las primeras etapas vegetativas del trigo, es favorable en el desarrollo de sus hojas, sistema radicular, le proporciona más rigidez a la planta, es más tolerante a las heladas, su ausencia puede ocasionar el acame a la planta (Guerrero, 1981).

La importancia del fósforo es proporcionar energía en numerosas reacciones efectuadas por la fosforilación y la desfosforilación. Los cereales son sensibles a la deficiencia de fósforo, especialmente en las primeras etapas de desarrollo. Los cereales requieren menor cantidad de fósforo que de nitrógeno. El fósforo, al igual que el nitrógeno se encuentran en el suelo, en forma orgánica (humos) como inorgánica, está combinado con hierro, aluminio, calcio, fluor y otros elementos. El contenido de fósforo en forma inorgánica se encuentra en mayor proporción que en forma orgánica en el suelo.

El fósforo al igual que el nitrógeno juega un papel importante en las funciones especiales en las plantas como:

- Acelerar el crecimiento rápido y vigoroso en las primeras etapas de vida, forma parte del ADN y fosfolípidos, da fuerza a los tallos y ayuda a evitar el acamado.
- Aumenta la calidad de frutos, granos, hortalizas, forrajes, aumentando la resistencia a las enfermedades y acelera la maduración de los frutos.
- Acelera la madurez temprana en cereales, y aumenta la relación de grano a paja, estimula el desarrollo radicular inicial y en leguminosas activa la actividad bacteriana para mejorar la fijación del nitrógeno atmosférico, estimulando la formación de nódulos en raíces en frijol y soya.
- Esencial en la formación de semilla y se le encuentra en grandes cantidades en frutos y semillas, aumenta el número de renuevos en cereales produciendo un número mayor de vástagos, y generando espigas con más y mejor grano (Tisdale y Nelson, 1991).

Fertilización fosforada

Miller (1981), menciona que el fósforo es de gran importancia en la nutrición animal como en la vegetal. Se encuentra presente en las semillas, planta madura y en el fruto la mayor cantidad, principalmente se encuentra en plantas jóvenes en crecimiento, su deficiencia puede ocasionar lento crecimiento y enanismo en la madurez, las hojas, ramas y tallos se tornan de color purpúreo. Las plantas con deficiencia de éste elemento presentan un sistema radicular raquítico, la floración y

madurez son retardadas produciendo semillas y frutos pequeños, que disminuyen la cantidad de los productos y mermas en los rendimientos (Jacob,1973).

Efecto del fósforo

Tisdale y Nelson (1982), manifiestan que la carencia de fósforo causa problemas graves, presentando los siguientes síntomas: espigas cortas y erectas, follaje oscuro y defoliación precóz, los cuáles influyen en la disminución del rendimiento.

Fósforo en el suelo y formas asimilables

Gil (1995), encuentra que la mayor parte del fósforo en el suelo está en la fracción inorgánica, en forma de iones fosfatados; en la fracción orgánica del suelo (ac nucleicos, fosfolípidos, ac fíticos).

Historia de la bacteria del género *Azospirillum*

Después del descubrimiento de la asociación simbiótica que existe entre raíz-bacteria en *Rhizobium*, se encontró específicamente en los cereales una bacteria del género *Azospirillum*, la cuál vive en los suelos. La bacteria vive en y dentro de la superficie de las raíces y proporciona el nitrógeno necesario a la planta. Al mismo

tiempo reduce el uso de fertilizantes químicos y aumenta la producción de grano o rendimiento (Day y Döbereiner, 1976).

Características de la bacteria

Tarrand et al (1978), encontraron que las bacterias del género *Azospirillum* son ligeramente curvas y de forma bacilar, con 1μ de diámetro y de longitud de 2.1, 3.8μ son móviles en medio líquido con un flagelo polar, en medio sólido a 30°C presenta numerosos flagelos laterales cortos y fijan el nitrógeno atmosférico. Se asocian a las raíces de cultivos de cereales, pastos y plantas tuberosas, no son formadoras de nódulos en las raíces.

Pérez (1996), menciona que las cepas C_2 y C_3 fueron colectadas de Buenavista, Coah. (UAAAN), ambas se desarrollan mejor a temperaturas óptimas que oscilan entre los 25 y 30°C . Lo anterior indica que la bacteria se desarrolla y fija el nitrógeno a temperatura de 25 a 30°C (Barver y Evans, 1977), en tanto que la cepa T_2 , fué colectada en Navidad N. L; su temperatura óptima es de 10°C , lo que indica que es de temperatura baja. La cepa más tolerante a estreptomycin a (400 ppm), es la C_2 (Buenavista), sin embargo las cepas C_3 y T_2 no son muy resistentes a estreptomycin, esto nos indica que el antibiótico inhibe el crecimiento y el desarrollo de las bacterias en condiciones normales.

Clasificación taxonómica

La clasificación como género de *Azospirillum* fué hecha por Tarrand et al (1978), para sustituir el antiguo nombre *Spirillum* y su división en las especies *A. lipoferum*, *A. brasilense*, como aparece en el Manual de Bergey (1984). Según el Manual de Bergey, *Azospirillum* se clasifica:

CATEGORIA	CLASIFICACIÓN
Reino	Procaryote
División	Gracilicute
Clase	Scotobacteria
Familia	No existe
Género	<i>Azospirillum</i>
Especie	sp.
	<i>lipoferum</i>
	<i>brasilense</i>
	<i>amazonense</i>
	<i>haloproferenses</i>
	<i>irakenses</i>

Fijación del nitrógeno por la bacteria

Evans (1975) y Brown et al (1975), mencionan que la fijación de nitrógeno es un proceso clave para llevar un equilibrio en la vida de este planeta, por ésta razón se recobra el nitrógeno que se pierde por la desnitrificación microbiana en el suelo. Existe también la posibilidad de que la fijación del nitrógeno por la nitrogenasa estimula el desarrollo de catalizadores que pueden reducir la demanda energética para el nitrógeno fijado industrialmente.

Cada nitrógeno que se fija al suelo requiere aproximadamente de 12 a 24 moléculas de ATP.

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 oxígeno para evitar la depresión de la actividad nitrogenasa por el oxígeno.
- c) Una buena fijación del nitrógeno, con asimilación del NH_4^+ y sin crecimiento de la bacteria.
- d) Una rápida excreción del ion NH_4^+ .

Especies diferentes de *Azospirillum*

Wong et al (1980), encontraron bacterias con características de *Azospirillum lipoferum* y *Azospirillum brasilense* que crecen bien en cultivos mezclados con organismos celulolíticos y fijan el nitrógeno con celulosa como única fuente vegetal

de energía y carbono. La mezcla de cultivos usó celulosa de hojas de trigo, maíz y pasto.

Zamudio y Bastarrachea (1994), desarrollaron un ensayo de enlace para células de *Azospirillum* absorbidas en las raíces de trigo. Éste consistió en exponer las semillas germinadas e incubadas con células bacterianas en solución líquida de Fahreaus a 30° C por dos horas. La semilla fue lavada con solución Fahreaus por cuatro veces, seguido de una centrifugación por 15 minutos a 300 rpm después de cada lavada. El número de *Azospirillum* que permaneció unido a las raíces se estimó por diluciones aplicadas homogenizadas de raíces en medio de agar para realizar conteos de colonias. Se determinaron las condiciones óptimas para el tamaño del inóculo, pH, edad del cultivo y tiempo de exposición. Se realizaron ensayos de competencia con diferentes especies de *Rhizobium* los cuáles mostraron una absorción preferencial por *Azospirillum*.

Bastelaere et al (1993), mencionan que la electroforesis bidimensional en gel de poliacrilamida se utiliza para determinar la proteína total de *Azospirillum Brasilense* sp7, mostraron que la bacteria responde a los exudados de la raíz por inducción de algunas proteínas. El nivel alto de inducción proteína ácida de 40 - Kda fué demostrado con un tinte azul brillante y técnica oeste, usando un antisuero policlonal específico. Ésta proteína fué observada en *A. lipoferum* pero no en *A. haloproferenses* y *A. irakenses*. En *A. brasilense*, la proteína de 40-Kda fué inducida

por exudados de trigo, maíz, frijol y alfalfa. Sin embargo, ésta proteína en *A. lipoferum* estimula la producción de exudados en maíz.

Actividad de la bacteria

Gamo y Toriyama (1989), mencionan que la fijación de la bacteria *Azospirillum* spp es microaerofílica, ésta fue aislada de la raíz de varios cereales y forrajes de pasto en Nigano, Okinawa, Filipinas y Tailandia. La mayoría de las especies de *Azospirillum* spp aislados mostraron ser del tipo *A. brasilense*, el cuál no puede utilizar al carbon como única fuente de glucosa. Cuando se usaron éstos inóculos en las raíces de maíz, arroz o plantas de trigo, algunos de los inóculos aislados promovieron notablemente el desarrollo de las raíces y brotes de maíz (cultivar Daiheigen), mientras el efecto no fué apreciable en arroz (cultivar Nipponbare) y plantas de trigo (cultivar Norin 61).

Katupitiya et al (1995), reportaron las diferencias genotípicas y fenotípicas en un medio de *Azospirillum brasilense* sp-7 y la especie mutante espontánea y sus propiedades en asociación con trigo. En contraste las cepas sp-7 tipo silvestre, producen colonias de sp7-S, que se tiñen débilmente con rojo Congo cuando crece sobre un medio de agar conteniendo el colorante y no floculan en presencia de fructosa y nitrato. La medición por micrografía electrónica mostró claramente que las

cepas sp-7 contienen materiales superficiales presentes como una capa delgada en la superficie de la cepa sp-7 silvestre. Los diferentes modelos de colonización entre raíces de trigo entre sp-7 y sp-7-S revelaron por estudios “in situ” usando un gen *nifA-lacZ*, un gran incremento en la actividad nitrogenasa (reducción del acetileno) con sp-7-S y asociada o normal y con ácido Diclorofenoxioacético-2, 4, en el trigo tratado se ensayó la actividad nitrogenasa de *Azospirillum* de vida libre y ésta fué inhibida por un exeso de oxígeno. Los RAPD, indican la relación genética de sp-7-S con otras fuentes de sp-7, comparando otras cepas de *A. brasilense*. La complementación genética de sp-7-S se llevó a cabo con fragmentos de 9.4 kb de ADN clonado de la cepa sp-7 tipo silvestre por medio de la tinción de rojo Congo y la floculación.

Formas de Inoculación con *Azospirillum*

Alvarez (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. Alvarez y Lemos (1984), efectuaron estudios sobre la localización de *Azospirillum* spp en el tejido radicular de trigo (*Triticum aestivum*) y su relación con las posibles vías de infección. Para ello se incubaron raíces de trigo (cortadas de plántulas de 5, 10 y 15 días de edad inicialmente inoculadas con *Azospirillum* spp) en un medio con cloruro de 2, 3, 5 trifeniltetrazolio (TTC) durante 2, 4 ó 12 hrs a 30°C. Las bacterias

reductoras de ésta sustancia se diferenciaron mejor de las partículas reductoras del tejido vegetal a las 4 hrs de incubación. Al mismo tiempo se hicieron determinaciones de la actividad nitrogenasa las plantas en estudio por el método acetileno-etileno, comprobándose que la iniciación de la fijación se realiza en condiciones de invernadero después de 2 semanas de desarrollo de las plántulas.

De acuerdo a los sitios de reducción observados, los posibles puntos de entrada de *Azospirillum* spp en raíces de trigo, serían a nivel de puntas de raíces y sitios de formación de raíces secundarias. La infección se extendería luego por el tejido cortical y en los comienzos de la actividad nitrogenásica, las bacterias se ubicarían en el xilema (Monzón, 1983).

Freitas y Germia (1990), desarrollaron un procedimiento para el crecimiento de raíces de trigo de invierno. Éste sistema se usó para estudiar las interacciones, raíz-bacteria y la colonización de raíces por cepas de *Pseudomonas Cepacia* R55 y R88, *Azospirillum brasilense* ATCC 29729 y *Azotobacter chroococcum* ATCC 9043. El cultivo de tejido axénico de raíces se inoculó con bacterias e incubó a 25°C en un agitador rotatorio mecánico a (150 rpm) durante 3 semanas. Se determinó en diferentes intervalos, la morfología de la raíz y el desarrollo de pelos radiculares, colonización de la bacteria en la superficie de la raíz y la actividad nitrogenasa. El recuento de las bacterias se realizó por la técnica de conteos bacterianos en placa, la concentración de las bacterias varió de 7.5×10^4 a 3.2×10^7 formando unidades de colonias en cm. El examen con microscopía electrónica de raíces inoculadas reveló

que aumenta significativamente el desarrollo de pelos radiculares y otros sitios de exudados colonizados en raíces.

Bashan y Levanony (1991), mencionan que la inoculación de semillas tardías de soya con *A. brasilense* Cd redujo significativamente el potencial de la membrana de cada parte de la raíz y puede maximizarse en la zona de elongación de la raíz. Monitoreando por el patrón de flujo de protones en raíces de trigo inoculados por diferentes cepas de *A. brasilense* y por *Pseudomonas* sp por períodos prolongados (mas de 200 h) revelando un cambio en el patrón bimodal de flujo de protones de las raíces no inoculadas. Éste cambio no se observa en la habilidad para la colonización de la raíz, pero la capacidad de la bacteria induce cambios en el área superficial de la raíz. Con perfusión continua de la solución nutritiva de la planta con una solución fresca (tiempo de inoculación) eliminó el efecto mejorado de inoculación en el flujo de protones. Ellos propusieron que la inoculación de *A. brasilense* influye en la actividad de la membrana y subsecuentemente el flujo de protones en las raíces, aunque probablemente a través de un signo bacteriano no identificado.

Suelos inoculados con *Azospirillum*

Alvarez y Lemos (1980), encontraron una alta incidencia de *Azospirillum lipoferum* y de *Azospirillum brasilense* en suelos donde éstas 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 en las plantas en condiciones estériles y en medio hidropónico.

Bashan et al (1995), evaluaron la supervivencia de *Azospirillum brasilense* Cd y sp-245 dentro de la rizósfera del trigo y del tomate en 23 tipos de plantas libres obtenidos de suelos esterilizados de México e Israel. Se detectó *A. brasilense* en todas las rizósferas probadas. En los suelos áridos, semiáridos de Israel, y regiones montañosas la viabilidad rápida de *Azospirillum brasilense* disminuyó la desaparición abajo de los niveles detectables dentro de 35 días después de la inoculación. En contraste poblaciones de suelos áridos en B.C.S, México, aumentó durante los 45 días después de la inoculación. En suelos de la parte central de México la viabilidad disminuyó con el tiempo en todos los suelos, los porcentajes de arcilla, nitrógeno, materia orgánica y la de retención de agua fue positivamente correlacionada con la viabilidad de la bacteria. Los porcentajes de pH, fósforo o potasio, conductividad eléctrica y la relación C/N no tienen efectos aparentes sobre la viabilidad de la bacteria en el suelo. Cincuenta días después de remover las plantas inoculadas las poblaciones bacterianas permanecieron en los tres tipos de suelos probados, empezando a disminuir repentinamente, a partir de ése tiempo alcanzan niveles detectables después de los 90 días de la inoculación. Después de removerse la planta, se percoló el suelo con agua, hasta eliminar la población de *A. brasilense* totalmente. Se concluye que *A. brasilense* no sobrevive en suelos áridos ni semiáridos en períodos prolongados de tiempo, además de que con la percolación de los suelos disminuye rápidamente el nivel de *A. brasilense*.

Fertilización con *Azospirillum* en diferentes cultivos

Mokadem y Badawi (1992), mencionan que el efecto de la inoculación con *Azospirillum*, a 30, 60 y 90 días sobre contenido de aminoácidos ligados a proteínas de trigo y chícharo, además de *Rhizobium* spp en leguminosas, sólo y mezclado con *Azospirillum*. Se encontró que independientemente de la edad de las plantas, el contenido de aminoácidos siempre fué mas alto en las raíces y los retoños después de inocular con *Azospirillum*. En los tejidos de las leguminosas se obtuvo la concentración mas alta de aminoácidos al infectarlas con la mezcla; le siguieron la inoculación con *Rhizobium* y después la inoculación con *Azospirillum*. Las diferencias más claras se presentaron en las fases tempranas del crecimiento. No se encontraron diferencias cualitativas entre los aminoácidos más importantes. El favorecimiento de la acumulación de aminoácidos en los tejidos vegetales se debió a una reacción fisiológica específica de las plantas, causada por la colonización con *Azospirillum* en la región radicular.

Producción de *Azospirillum* con diferentes sustratos orgánicos

Halsall y Goodchild (1986), propusieron que el uso de sistemas de cultivo de tejidos radiculares facilita estudios entre las interacciones microbio-raíz-planta y mencionan que los cultivos mezclados de *A. brasilense* se cultivaron con paja o

celulosa, como fuente de carbono bajo condiciones que favorecen la fijación de nitrógeno atmosférico. Un incremento rápido en el número de células, arriba de 10^9 células por sustrato, son evidentes después de los 4 ó 5 días de incubación a 30°C para paja y celulosa. La fijación de nitrógeno (detectado por reducción de acetileno medido en cultivos paralelos) empezó después de 4 y 5 días de incubación para celulosa y paja respectivamente y continuó durante el experimento. Los cultivos puros de *Cellulomonas* sp mostraron un incremento en el número de células, pero la producción de CO_2 fué baja y la reducción de acetileno no se detectó en paja ni celulosa. Cultivos puros de *A. brasilense* en celulosa mostraron un incremento inicial en el número de células (10^7 células por gr de sustrato) después de 4 días, seguido por una probable declinación causada por el agotamiento del carbón disponible en el sustrato. En paja *A. brasilense* aumentó a 10^9 células por gramo de sustrato después de 5 días y entonces disminuyó este crecimiento acompañado por la reducción del acetileno.

Tchan et al (1991), mencionan que la fijación del nitrógeno (reducción del acetileno C_2H_2) fué demostrado en nódulos de raíz de trigo (nódulos -P) inducido por 2,4 - diclorofenoxiacetato (2,4 -D) inoculado con *A. brasilense*. Bajando la tensión de oxígeno, fué posible distinguir la actividad nitrogenasa de la bacteria, se estableció que dentro del nódulo-P del sistema de la raíz de trigo están los rizósporas. Usando la evidencia citológica, esta actividad nitrogenasa principalmente se atribuye a la bacteria que está dentro del nódulo-P. Se demostró que la planta hospedera fué capaz de

proporcionar el sustrato necesario requerido por la bacteria para fijar nitrógeno (C_2H_2 - Reducción) dentro de los nódulos-P.

Producción de auxinas y giberelinas por *Azospirillum*

Las sustancias reguladoras del crecimiento desempeñan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Para un desarrollo longitudinal, los tejidos deben de recibir sustancias de crecimiento. En la actualidad, se reconocen cuatro tipos de hormonas de las plantas: auxinas, giberelinas, citocininas e inhibidores (Weaver, 1990).

Lira (1994), menciona que los **reguladores** de las plantas se definen como compuestos orgánicos diferentes a los nutrientes que en pequeñas cantidades fomentan, inhiben, o modifican de alguna forma el proceso fisiológico vegetal. Los nutrientes son aquellos materiales que proporcionan energía o elementos minerales esenciales a los vegetales. Las hormonas de las plantas (fitohormonas) son reguladores producidos por ellas mismas, que en bajas concentraciones, regulan sus procesos fisiológicos. Las hormonas se desplazan en el interior de la planta, de un lugar de producción a un sitio de acción.

Las auxinas son compuestos caracterizados por su capacidad para inducir la extensión de las células de los brotes, son hormonas cuya acción fisiológica básica es sobre el mensaje genético contenido en el ADN, determinando que la planta sintetice

proteínas y enzimas nuevas cambiando su química y fisiología (Rojas y Vazquez, 1995).

La producción de auxina se efectúa en el ápice del brote y en particular en las hojas jóvenes, proporciona un medio para la elongación de entrenudos y en cantidades muy pequeñas, el ácido indolacético estimula el crecimiento, y ésta se desplaza hacia abajo (geotropismo), a la zona de elongación y ahí produce una respuesta (crecimiento), se le considera como un mensajero químico u hormona, (Ray, 1985).

Otro compuesto que en cantidades muy pequeñas, aceleran el crecimiento del tallo, son las giberelinas. Un papel de la giberelina en la planta es el de alterar el balance entre crecimiento del entrenudo y el desarrollo de las hojas, otro efecto es el de inducir la síntesis de enzimas como la amilasa y proteasa durante la germinación de semillas de cereales como la cebada y el trigo (Ray, 1985). Las giberelinas son compuestos que estimulan la división o la prolongación celular o ambas cosas, éstas pueden provocar un aumento sorprendente en la prolongación de los brotes de muchas especies, tienen como acción básica el modificar el mensaje genético que lleva el ARN (Rojas y Vazquez, 1995).

Zimmer et al (1989), llevaron a cabo experimentos para identificar sustancias que son extraídas por la bacteria del suelo *Azospirillum brasilense* sp 7, que estimula la formación de raíces laterales y vellosidad de las raíces de pastos. El *Azospirillum*

forma el ácido indol -3 acético (AIA), pero solo en la última fase de crecimiento fijo o cuando el triptofano está presente en el medio, pero no en cultivos continuos. Para la formación del AIA por *Azospirillum*, requiere condiciones aeróbicas. El nitrato puede reemplazar al AIA en varias pruebas con fitohormonas y es más activo que el AIA en la prueba de segmentos de raíz de trigo el cual es determinado por el aumento de peso húmedo. El nitrato demostró la actividad de un 40 - 60% de AIA en la dieta del desarrollo de coleptilos de Avena y en la formación de C_2H_4 por segmento de chícharo. Como el AIA, el nitrato de amonio es inactivo en la formación de C_2H_4 por tejido de Manzana madura. Desde que el nitrato ejerce efectos hormonales, está visto que la reacción del nitrato con una sustancia en las células y un producto formado de esta reacción en funciones es la auxina. El nitrato se forma por la respiración de *Azospirillum*. Los descubrimientos del nitrato tienen efectos fitohormonales, y ofrecen una alternativa para la explicación del crecimiento y alargamiento de raíces para la toma de mineral por *Azospirillum*. El AIA completo y parte del nitrato sustituidos por una inoculación con *Azospirillum* en una prueba donde el incremento de peso y materia seca de raíces de trigo es determinado después 10 días de la inoculación éstos son los factores posibles causantes del ensanchamiento de las raíces de pastos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El experimento se estableció durante el ciclo invierno - primavera 1996, en los terrenos de Buenavista en la UAAAN el cuál se encuentra a 7 km de la ciudad de Saltillo. Cuya localización geográfica está entre los paralelos 25°22' y 25° 21' de latitud N y los meridianos 101° 01' y 101° 03' de longitud W. A una altitud de 1754 msnm. El clima es seco y templado con lluvias en verano, principalmente. La temperatura media anual es de 17.8°C con una osilación media anual de 10.4°C. La precipitación media anual es de 490 mm. Tiene suelos del tipo Rendzina y de origen aluvial, variado de someros a profundos y con afloraciones de rocas calizas y lutitas. La vegetación del área está formada por matorral bajo de *Mimosa biuncifera*, *Mimosa zygophylla* y *Rhus microphylla*, con elementos importantes como *Opuntia imbricata*, *Opuntia leptocaulis*, *Koeberlinia spinosa* y *Berberis trifoliata*, entre otros.

Material biológico

Se utilizarón 3 cepas de *Azospirillum* sp C₂ , C₃ y T₂ . Previamente aisladas y caracterizadas en el Laboratorio de Apoyo a la Investigación. Las características

principales de éstas cepas son: la cepa C₂ (Buenavista) es más resistente a la estreptomicina y se desarrolla en una temperatura de 25 a 30°C, la cepa C₃ (Buenavista) no es resistente a estreptomicina con una temperatura media de 25 a 30°C, y la cepa T₂ (Navidad, N.L.) tampoco tolera al antibiótico y se desarrolla a temperaturas bajas.

Material genético

Se utilizó la variedad de trigo harinero **AN- 3 88** proporcionada por el programa de cereales de la Universidad Autónoma Agraria “ Antonio Narro “.

Preparación del inóculo

Las cepas C₂ R₃, C₃ R₃, T₂ R₁ obtenidas en el laboratorio de apoyo a la investigación de la UAAAN, que fueron caracterizadas con anterioridad y que pertenecen al género *Azospirillum*, se reprodujeron en cajas Petri en un medio sólido de agar nutritivo y se colocaron en la incubadora a 28°C por 2 días para su reproducción masiva.

Se llevaron a cabo diluciones para cuantificar el número de bacterias que se inocularían en el campo, el método de recuento fué diluciones en placa. Para poder llevar a cabo la fase del conteo, fue necesario preparar un concentrado original de las bacterias (el obtenido en la reproducción), éste concentrado consta de una mezcla de

agua destilada estéril y las bacterias (*Azospirillum*), de dicho concentrado, se toma una alícuota de 5 ml y se mezcla con 45 ml de agua estéril obteniendo la primera dilución, éste procedimiento se lleva a cabo en los siguientes frascos con agua estéril hasta completar 13. De las diluciones 11 , 12 y 13, se toma una alícuota de 0.1 ml de las bacterias a las cajas con agar nutritivo sólido, el cuál es distribuido en forma zigzageante en todos los sentidos de la caja, de esta manera es más fácil llevar a cabo el conteo de las colonias bacterianas, debido a que cada colonia es una bacteria.

Preparación del terreno

Éste consistió en la realización del barbecho, paso de la rastra pesada, preparación del canal de riego de 1 m de ancho, surcado a 0.3 m entre surcos y bordeado, para que posteriormente se pudieran establecer los lotes experimentales.

Muestreo de suelo

Se realizó un muestreo al suelo 2 semanas antes del establecimiento del experimento en Enero de 1996, a una profundidad de 0 - 30 cm, en diferentes puntos para obtener una muestra homogénea del terreno, realizándose su posterior análisis y así conocer la fertilidad nativa del suelo con el cuál se trabajaría dicho análisis se realizó en el laboratorio de Apoyo a la Investigación del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

Tamaño de parcela

Las parcelas fueron diseñadas con 4 surcos de 3 metros de largo con una distancia entre hileras de 30 cms y la distancia entre parcelas es de 1 m obteniendo como resultado una parcela experimental de 3.6 m², y utilizándose los 2 surcos centrales como parcela útil con una superficie de 1.8 m².

Densidad y método de siembra

La densidad de siembra que se utilizó en este trabajo fué de 120 kg/ha, haciéndose su conversión a gramos por parcela experimental y dividiéndose en 4 sobres con 10.8 gramos cada uno, los cuales se sembraron manualmente a chorrillo y en seco.

Tratamientos

Los tratamientos quedaron definidos tal y como se aprecia en el cuadro 3.1, utilizándose un testigo absoluto (Tratamiento 1) y 2 tratamientos químicos mientras que el resto se definió con una combinación de 2 dosis de fósforo y 3 cepas de *Azospirillum* (material biológico).

Fertilización química

Está se llevó a cabo al momento de la siembra, aplicándose la mitad del tratamiento químico y la otra mitad 30 días después de la siembra, el fósforo se aplicó el total a la siembra.

Cuadro 3.1. Tratamientos y material biológico, Buenavista - UAAAN, 1996.

Tratamientos	Material biológico	Fertilización química *
1		00 - 00 - 00
2	Químico	120 - 80 - 00
3	Químico	120 - 120 - 00
4	C ₂	80 kg P
5	C ₂	120 kg P
6	C ₃	80 Kg P
7	C ₃	120 Kg P
8	T ₂	80 Kg P
9	T ₂	120 Kg P

* Fuente del nitrógeno Urea

* Fuente del fósforo Super Fosfato Triple de Calcio

Aplicación del biofertilizante

Éste se asperjó con mochilas manuales que tienen una capacidad de 20 Lt, las bacterias utilizadas fueron vertidas en las mochilas para ser inoculadas posteriormente al suelo, la dosis de un concentrado del biofertilizante fué de 3 lts en 17 lts de agua.

Durante todo el ciclo del cultivo se realizaron 2 inoculaciones, la primera fue al día siguiente de la siembra y la segunda se realizó 30 días después de la siembra, cerca de la base del tallo.

Riegos

El cultivo se regó mediante el sistema tradicional de agua rodada, con éste sistema se aplicaron 6 riegos durante todo el ciclo del cultivo.

Control de plagas, enfermedades y malezas

Durante el desarrollo vegetativo no hubo presencia de plagas y enfermedades, por lo que no hubo necesidad de aplicar insecticidas, referente a las malas hierbas, estas se controlaron mediante deshierbe manual.

Cosecha

La cosecha se realizó manualmente, cuando el grano estuvo maduro cortando el trigo con hoz y trillándose en una trilladora estacionaria, marca Pullman.

Rendimiento

El rendimiento se contabilizó en gr / parcela haciéndose su posterior transformación en Ton / ha de acuerdo al área considerada como parcela útil, pesándose con una humedad aproximada del 13 %.

Altura de planta

Para evaluar éste parámetro, se realizaron tres lecturas de altura de plantas en diferentes etapas de crecimiento (**1^{ra}** lectura: 6/Mar/96, **2^{da}**: 27/Mar/96 y **3^{ra}**: 27/May/96) en cada tratamiento, midiendo de la superficie del suelo al extremo superior de la planta, obteniéndose su media.

Longitud de espiga

Antes de la cosecha se colectaron 20 espigas al azar de cada parcela, para medir su longitud y obtener un promedio en cada repetición.

Análisis bromatológico

Éste análisis evalúa la calidad de un alimento en función de grupos de compuestos. El análisis proximal consta de las siguientes determinaciones; humedad, proteína cruda, materia mineral o ceniza, extracto etéreo, fibra cruda y por diferencia a 100, extracto libre de nitrógeno (ELN). Cuadro 3.2.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques al azar con 3 repeticiones y 9 tratamientos, (la esencia de éste diseño es que el material experimental (*Azospirillum* sp) se divide en tratamientos y repeticiones). El objeto en todas las etapas del experimento es de mantener el error experimental dentro de cada tratamiento tan pequeño como sea posible en la práctica.

Cuadro 3.2 Determinaciones del análisis proximal (A.O.A.C, 1980).

NUTRIENTE	DETERMINACION DEL ANALISIS PROXIMAL	COMPUESTOS QUIMICOS QUE TEORICAMENTE ESTAN PRESENTES EN CADA DETERMINACION
Agua	Humedad	Agua
Lípidos	Extracto Etéreo	Grasas, aceites, ceras, fosfátidos, cerebrósidos, lipoproteínas, pigmentos liposolubles, esteroles y vitaminas liposolubles
Carbohidratos	Fibra Cruda	Celulosa, hemicelulosa y lignina
	Extracto Libre de Nitrógeno	Monosacáridos, disacáridos, trisacáridos, pectinas, almidones, ácidos orgánicos hidrosolubles y vitaminas hidrosolubles
Minerales	Cenizas	Compuestos de Ca, K, Mg, Na, P, Fe, Mn, Cl, S, Cu, Co, Zn, Mo, Se, Sn

Modelo Estadístico

Las fuentes de variación trabajadas de acuerdo con este diseño pueden ser representadas por el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

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

μ = Media General.

σ = Efecto del tratamiento i .

β_j = Efecto del bloque j .

E_{ij} = Error experimental.

Análisis de varianza

De acuerdo con el modelo antes citado, el análisis de varianza correspondiente es el que aparece en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Fórmulas del análisis de varianza empleadas en el análisis los datos, obtenidos del experimento en Buenavista, Coahuila UAAAN.

Fv	gl	Sc	Cm	Fc
----	----	----	----	----

Tratamientos	t-1	$\frac{\sum_{j=1}^t Y^2 i. - Y^2 ..}{r \quad tr}$	$\frac{Sc \text{ Trats.}}{t-1}$	$\frac{CM \text{ Ttrats.}}{CM \text{ EE}}$
Bloques (B)	r-1	$\frac{\sum_{j=1}^t Y^2 .j - Y^2 ..}{r \quad tr}$	$\frac{Sc \text{ B}}{r-1}$	$\frac{CM \text{ B}}{CM \text{ EE}}$
Error Experimental	(t-1) (r-1)	Sc total - (Sc B + Sc t)	$\frac{Sc \text{ EE}}{(t-1) (r-1)}$	
Total	tr - 1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y^2 ij - Y^2 ..$		

Coefficiente de variación

Para precisar la exactitud del experimento, se calculó el coeficiente de variación (CV), utilizando la fórmula siguiente.



$$CV = \frac{C.M.E.E}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

CMEE = Cuadrado Medio del Error Experimental

\bar{X} = Media General

100 = Constante para Convertir a Porcentaje

Comparación de medias

También se realizó la prueba de comparación múltiple de medias, por el método de diferencia mínima significativa (DMS), no debe utilizarse a menos que la prueba F sea significativa. En sentido estricto, la Diferencia Mínima Significativa (DMS) se expresa de la siguiente manera:

$$DMS = t_{\alpha} \sqrt{\frac{2S^2}{r}}$$

Donde :

t = Valor tabular para los g.l del E.E.

S^2 = Cuadrado Medio del Error.

r = Número de Repeticiones.

α = Nivel de significancia

Contrastes ortogonales

En esta metodología es posible preparar pruebas de F para responder a preguntas pertinentes, acerca de los resultados del ANVA, esto consiste en particionar las sumas de los cuadrados para tratamientos y para bloques; según sea el caso. La prueba implica la comparación de totales en número de $(t - 1)$ ó $(r - 1)$; dependiendo de las diferencias que se requieran aclarar.

Cada contraste tendrá un grado de libertad y serán de la siguiente manera:

$$\text{Para tratamientos : } \sum_i^t = 1 \quad C_{ji} \quad Y_i.$$

$$\text{Para bloques : } \sum_j^t = 1 \quad C_{ji} \quad Y_{.j}$$

Las C_j , son coeficientes escogidos de antemano a fin de que desempeñen una función de comparación, tales coeficientes deberán cumplir el siguiente requisito :

$$\sum_j^t = 1 \quad C_{ji} = 0 \quad C_{j1} + C_{j2} + \dots C_{jt} = 0$$

Además, si C_{ji} y C_{kj} son contrastes :

$$\sum_j^t = 1 \quad C_{ji} \quad C_{kj} = C_{j1} \quad C_{k1} + C_{j2} \quad C_{k2} + \dots C_{jt} \quad C_{kt} = 0$$

Así, la suma de cuadrados se describe de la siguiente manera :

$$\text{Trat.} \quad \text{Sc } C_j = \frac{(\sum_{j=1}^t C_{ji} \ Y_{i.})^2}{r \sum_{j=1}^t C_{ji}^2}$$

$$\text{Rep.} \quad \text{Sc } C_j = \frac{(\sum_{j=1}^r C_{ji} \ Y_{.j})^2}{t \sum_{j=1}^r C_{ji}^2}$$

Por último, mencionaremos que la sumatoria de la suma de cuadrados de los contrastes es igual a la suma de cuadrados de tratamientos. Sucede lo mismo en el caso de bloques.

Para el presente trabajo se definieron 5 contrastes aprovechando la naturaleza cualitativa de los tratamientos, dichos contrastes son de la siguiente manera:

Contraste 1 T_1 Vs $T_2, T_3, \dots, T_9, T_{10}$ **Contraste 2** T_2 Vs T_3, \dots, T_9, T_{10}
Contraste 3 T_3 Vs T_4, \dots, T_9, T_{10} **Contraste 4** T_4 y T_5 Vs T_6, T_7, T_8 y T_9, T_{10}
Contraste 5 T_6 y T_7 Vs T_8 y T_9, T_{10} , a demás de los tratamientos anteriormente citados, para el análisis proximal se incluyó un testigo adicional (semilla antes de la siembra) y un contraste más el se definio de la siguiente manera: **Contraste 6** $T_2, T_4, T_6,$ y T_8 Vs T_3, T_5, T_7 y T_9, T_{10} .

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los primeros resultados obtenidos fueron del análisis de suelo antes de la siembra en éstos se encontró que el suelo presenta una textura arcillosa, su pH es alcalino (8.3), su conductividad eléctrica es adecuada para el cultivo (1 mmhos / cm), el contenido de la materia orgánica es rico (2.35%), el contenido de nitrógeno es mediano (0.16%), en relación al fósforo es mediano (4.4 Kg / ha) y el contenido de potasio es rico (100 Kg / ha). Éstos resultados muestran que el suelo es deficiente en nitrógeno y fósforo, por éste motivo es necesario fertilizar el suelo, los resultados del análisis de suelo antes de la siembra se presentan en el cuadro 4.1.

El siguiente parámetro analizado fué altura de planta, para el primer muestreo (Cuadro 4.2), el cuál arrojó no significancia entre repeticiones y en el contraste 3 (T_3 Vs T_4 T_9), 4 (T_4 y T_5 Vs T_6 , T_7 , T_8 y T_9) y 5 (T_6 y T_7 Vs T_8 y T_9), pero sí una alta significancia entre tratamientos y para los contrastes 1 (T_1 Vs T_2, T_3, \dots, T_9) y 2 (T_2 Vs T_3, \dots, T_9) lo que indica que la fertilización química superó a la biológica. Después se realizó las pruebas de medias (DMS al 95% Cuadro 4.3), donde tenemos al tratamiento 8 ($T_2 + 80$ Kg P), con la mayor altura (9.94 cm), seguido de los tratamientos 1 (Testigo no fertilizado) con una altura (9.47 cm), 7 ($C_3 + 120$ Kg P) con 9.11 cm, 4 ($C_1 + 80$ Kg P) con 9.02 cm, 5 ($C_1 + 120$ Kg P), 6 ($C_3 + 80$ Kg P), 9 ($T_2 + 80$ Kg P), 2 (Químico: 120-80-00) y el 3 (Químico: 120-120-00) con la altura más baja (7.31cm), podemos decir con éstos datos que la mejor cepa es la de Navidad,N.L

Cuadro 4.1. Análisis de suelo y métodos usados para su determinación antes de la siembra. Enero 1996.

Textura	Arcillosa		Triángulo de texturas
Nitrógeno total	0.16%	Mediano	Kjeldahl
Materia orgánica	2.35%	Rico	Walkley / Black
Conductividad eléctrica	1.0 Normal	mmhos/cm	Conductivímetro
pH	8.3	Alcalino	Potenciómetro
Fósforo	4.4 Kg/Ha	Mediano	Olsen
Potasio	100 Kg/Ha	Rico	Absorción Atómica

Cuadro 4.2. Análisis de varianza para altura de planta primer muestreo

Buenavista - UAAAN. 1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
Repeticiones	2	0.01	0.004	0.01	NS
Tratamientos	8	21.31	2.664	7.35	**
Contraste 1	1	2.843	2.843	8.00	**
Contraste 2	1	9.931	9.931	27.43	**
Contraste 3	1	0.111	0.111	0.306	NS
Contraste 4	1	0.219	0.219	0.604	NS
Contraste 5	1	0.680	0.680	2.00	NS
Error	16	5.80	0.362		
Total	26	27.11			

C.V. = 7.04 %

NS= No Significancia

** = Alta Significancia

Cuadro 4.3. Comparación de medias (DMS) al 95% para altura de planta (cm).

Tratamientos	Media	
8	9.94	A
1	9.47	AB
7	9.11	ABC
4	9.02	ABC
5	8.82	BCD
6	8.12	CDE
9	7.83	DE
2	7.34	E
3	7.31	E
D.M.S	1.041418	

tratamiento 8 en cuanto a altura; seguido del testigo absoluto y el tratamiento 7 ($C_3 + 120 \text{ Kg P}$) que son estadísticamente iguales. Ésto nos indica que los tratamientos inoculados al suelo con esta bacteria (*Azospirillum* sp), superaron a los tratamientos con producto químico y al testigo absoluto, como se demuestra en su DMS para esta característica (tratamientos 7 y 4).

El análisis de varianza para el segundo muestreo de la característica altura planta (Cuadro 4.4), muestra no significancia entre repeticiones y los contrastes 1 (T_1 Vs T_2, T_3, \dots, T_9), 2 (T_2 Vs T_3, \dots, T_9), 3 (T_3 Vs T_4, \dots, T_9) y 4 (T_4 y T_5 Vs T_6, T_7, T_8 y T_9), pero si hubo significancia entre los tratamientos y el contraste 5 (T_6 y T_7 Vs T_8 y T_9), siendo mejor la cepa C_3 y realizando las pruebas de medias (DMS al 95% Cuadro 4.5), observamos al tratamiento 5 ($C_1 + 120 \text{ Kg P}$) con la mayor altura (48.58 cm), el cuál se diferencia del resto de los tratamientos como el 9 ($T_2 + 120 \text{ Kg P}$), 6 ($C_3 + 80 \text{ Kg P}$), 2 (Químico: 120-80-00), 1 (Testigo), 7 ($C_3 + 120 \text{ Kg P}$), 4 ($C_1 + 80 \text{ Kg P}$), 3 (Químico: 120-120-00) y con la altura más baja el 8 ($T_2 + 80 \text{ Kg P}$), aquí la fertilización biológica mas el fósforo están superando a la fertilización química (tratamiento 2) aunque no en forma significativa.

Cuadro 4.4. Análisis de varianza para altura de planta segundo muestreo

Buenavista - UAAAN.1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
Repeticiones	2	2.53	1.267	0.55	NS
Tratamientos	8	86.31	10.788	4.71	*
Contraste 1	1	0.000	0.000	-	NS
Contraste 2	1	1.724	1.724	0.752	NS
Contraste 3	1	1.699	1.699	0.741	NS
Contraste 4	1	4.763	4.763	2.080	NS
Contraste 5	1	11.207	11.207	4.90	*
Error	16	36.64	2.290		
Total	26	125.48			

C.V. = 3.29 %

NS = No Significancia

* = Significancia

Cuadro 4.5. Comparación de medias (DMS) al 95% para altura de planta (cm).

Tratamientos	Media	
5	48.58	A
9	47.86	AB
6	47.16	AB
2	46.76	ABC
1	45.95	BC
7	45.88	BC
4	44.49	CD
3	44.21	CD
8	42.65	D
D.M.S	2.619321	

En el tercer y último muestreo de la variable de altura de planta, el análisis de varianza (Cuadro 4.6), arrojó que no hay significancia entre repeticiones, ni tratamientos ni para los contrastes 1 (T_1 Vs $T_2, T_3 \dots T_9$), 2 (T_2 Vs $T_3 \dots T_9$), 3 (T_3 Vs $T_4 \dots T_9$), 4 (T_4 y T_5 Vs T_6, T_7, T_8 y T_9), pero el contraste 5 (T_6 y T_7 Vs T_8 y T_9) sí presenta una alta significancia, lo cual indica que la mejor cepa es la C_3 y realizando las pruebas de medias (DMS al 95% Cuadro 4.7), se detectó que el tratamiento 3 (Químico: 120-120-00) con la mayor altura (62.39 cm), seguido del tratamiento 1 (Testigo absoluto) con 61.66 cm, 5 ($C_1 + 120$ Kg P) con 60.80 cm, 4 ($C_1 + 80$ Kg P) y 9 ($T_2 + 120$ Kg P) con 59.60 y 59.18 cm cada una; siendo estadísticamente iguales, seguido de los tratamientos 8 ($T_2 + 80$ Kg P), 7 ($C_3 + 120$ Kg P), 6 ($C_3 +$ Kg P) y como último valor en cuánto a altura está el tratamiento 2 (Químico: 120-80-00) con una altura media de 53.58 cm. Es importante resaltar que en el primer muestreo de altura de planta, el Testigo (Cepa $T_2 + 120$ -80-00) y el tratamiento 8 ($T_2 + 80$ Kg P), resultaron ser los de mayor altura, en el tercer muestreo en su DMS, el tratamiento 1 (Testigo) al igual que los tratamientos 3 (Químico:120-120-00), 4 ($C_1 + 80$ Kg P), 5 ($C_1 + 120$ Kg P) 7 ($C_3 + 120$ Kg P), 8 ($T_2 + 80$ Kg P) y 9 ($T_2 + 120$ Kg P), son estadísticamente iguales, sin embargo el tratamiento 3 (químico) resultó ser el de mayor altura (62.39 cm), superando a la fertilización biológica, aunque no estadísticamente, con esto podemos decir, que la bacteria juega un papel importante en el crecimiento de las plantas, apoyandonos con investigaciones realizadas por Zimmer (1989), con variedades de trigo, quien menciona que la bacteria de *Azospirillum* promueve el crecimiento y elongación celular en las plantas.

Cuadro 4.6. Análisis de varianza para altura de planta tercer muestreo

Buenavista - UAAAN.1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
Repeticiones	2	6.85	3.427	0.39	NS
Tratamientos	8	242.42	30.303	3.47	NS
Contraste 1	1	32.955	32.955	4.00	NS
Contraste 2	1	0.221	0.221	0.025	NS
Contraste 3	1	34.106	34.106	4.00	NS
Contraste 4	1	33.267	33.267	4.00	NS
Contraste 5	1	79.461	79.461	9.102	**
Error	16	139.68	8.730		
Total	26	388.95			

C.V. = 5.05 %

NS = No Significancia

* * =Alta Significancia

Cuadro 4.7. Comparación de medias (DMS) al 95% para altura de planta (cm).

Tratamientos	Media	
3	62.39	A
1	61.66	A
5	60.80	A
4	59.50	A
9	59.18	A
8	58.61	AB
7	57.50	AB
6	53.63	B
2	53.58	B
D.M.S	5.114204	

De acuerdo al análisis de varianza para longitud de espiga (Cuadro 4.8), no hay diferencia significativa entre las repeticiones, ni entre tratamientos y tampoco para los contrastes 1 (T_1 Vs $T_2, T_3 \dots T_9$), 2 (T_2 Vs $T_3 \dots T_9$) y 5 (T_6 y T_7 Vs T_8 y T_9), sin embargo si hubo significancia para el contraste 3 (T_3 Vs $T_4 \dots T_9$) y una alta significancia para el contraste 4 (T_4 y T_5 Vs T_6, T_7, T_8 y T_9), esto indica que la mejor cepa es la C_1 de Buenavista y realizando las pruebas de medias (DMS al 95% Cuadro 4.9), observamos al tratamiento 3 (Químico: 120-120-00) con la mayor longitud de espiga (9.25 cm) y el 1 (Testigo no fertilizado) con una longitud de 9.21 cm, aunque estadísticamente son iguales, seguido del resto de los tratamientos, 5 ($C_1 + 120$ Kg P), 2 (Químico: 120-80-00), 4 ($C_1 + 80$ Kg P), 6 ($C_3 + 80$ Kg P), 7 ($C_3 + 120$ Kg P), que también son estadísticamente iguales, más no así el tratamiento 8 ($T_2 + 80$ Kg P) y con la menor longitud de espiga el tratamiento 9 ($T_2 + 120$ Kg P). Con estos datos podemos decir, aun y que los tratamientos con producto químico hayan superado a la fertilización biológica más no estadísticamente si se recomienda fertilizar el suelo con esta bacteria para trabajos posteriores, ya que igualan y la diferencia entre ellos es mínima como podemos observar en su DMS en esta característica de longitud de espiga a la fertilización química y al testigo absoluto.

Una vez analizados los resultados de rendimiento (Ton/ha), se encontró que no hubo significancia alguna para tratamientos, repeticiones ni entre los contrastes (Cuadro 4.10). Realizando las pruebas de medias (DMS al 95% Cuadro 4.11), observamos que el tratamiento con mayor rendimiento (3.14 Ton/ha) es el 3 que corres

Cuadro 4.8 Análisis de varianza para longitud de espiga Buenavista -
UAAAN.1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
Repeticiones	2	0.02	0.010	0.05	NS
Tratamientos	8	2.84	0.355	1.88	NS
Contraste 1	1	0.300	0.300	2.00	NS
Contraste 2	1	0.730	0.730	4.00	NS
Contraste 3	1	0.771	0.771	4.10	*
Contraste 4	1	0.880	0.880	4.69	**
Contraste 5	1	0.000	0.000	-	NS
Error	16	3.01	0.188		
Total	26	5.87			

C.V. = 4.87 %

NS = No Significancia

* = Significancia

** = Alta sinificancia

Cuadro 4.9. Comparación de medias (DMS) al 95% para longitud de espiga.

Tratamientos	Media	
3	9.25	A
1	9.21	A
5	9.16	AB
2	9.11	AB
4	8.97	ABC
6	8.97	ABC
7	8.83	ABC
8	8.44	BC
9	8.27	C
D.M.S	.7504986	

ponde al tratamiento con producto químico: 120-120-00, seguido de los tratamientos 6 (C₃ R₃ + 80 Kg P), 5 (C₁ R₂ + 120 Kg P), 2 (Químico: 120 - 80 - 00), 7 (C₃ R₃ + 120 Kg P), 4 (C₁ R₂ + 80 Kg P), 8 (T₂ R₁ + 80 Kg P), 9 (T₂ R₁ + 120 Kg P) y con el rendimiento más bajo en Ton/ha fué el tratamiento 1 (Testigo no fertilizado) con una media de 2.17 Ton/ha. Aún y que el ANVA para tratamientos y repeticiones indican no significancia, su DMS nos muestra que estadísticamente son iguales; sin embargo considerando que la media del estado es de 2.5 Ton/ha, y obteniendo los promedios por cepas tenemos que la fertilización biológica cepa C₃ de Buenavista (tratamientos 6 y 7) obtuvieron los mayores promedios en Ton/ha, lo cuál representa una alternativa para aumentar el rendimiento del grano de trigo, además de los beneficios ecológicos y monetarios que representa para el productor, este fertilizante biológico.

Promedios obtenidos por cepas para rendimiento:

$$\text{Cepa C}_1: \quad \frac{T_4 + T_5}{2} = \frac{2.55 + 2.66}{2} = 5.21 \text{ Ton/ha}$$

$$\text{Cepa C}_3: \quad \frac{T_6 + T_7}{2} = \frac{2.92 + 2.56}{2} = 5.48 \text{ Ton/ha}$$

$$\text{Cepa T}_2: \quad \frac{T_8 + T_9}{2} = \frac{2.42 + 2.36}{2} = 4.78 \text{ Ton/ha}$$

Cuadro 4.10. Análisis de varianza para el rendimiento en Ton/ha de trigo 3 cepas de *Azospirillum* (Buenavista, Coah., y Navidad, N.L) - UAAAN 1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
Repeticiones	2	17.92	8.958	0.20	N.S
Tratamientos	8	224.28	28.035	0.62	N.S
Contraste 1	1	67.430	67.430	1.50	N.S
Contraste 2	1	78.328	78.328	1.73	N.S
Contraste 3	1	91.287	91.287	2.02	N.S
Contraste 4	1	99.891	99.891	2.21	N.S
Contraste 5	1	84.683	84.683	1.88	N.S
Error	16	720.55	45.034		
Total	26	962.75			

C.V = 15.57 %

N.S= No significancia

Cuadro 4.11. Comparación de medias (DMS) al 95% para rendimiento.

Tratamientos	Media	
3	3.14	A
6	2.92	A
5	2.66	A
2	2.60	A
7	2.56	A
4	2.55	A
8	2.42	A
9	2.36	A
1	2.17	A
D.M.S	1.100175	

ANALISIS PROXIMAL

A demás de los tratamientos anteriormente citados se incluyó un testigo adicional que corresponde al grano antes de la siembra (Cuadro 4.12), para posteriormente realizar los análisis estadísticos correspondientes de las variables de Cenizas, Proteínas, Extracto Etéreo, Fibra Cruda, Humedad y Extracto Libre de Nitrógeno, y así añadir un tratamiento más, el cuál se marco con el número 10 (Cuadro 1A). Donde se observa que en su contenido de cenizas, azúcares (ELN) y humedad son buenos de igual manera los contenidos de extracto etéreo, fibra cruda y proteína.

El análisis de varianza correspondiente al contenido de cenizas (Cuadro 4.13), mostró que no existen diferencias significativas entre repeticiones y los contrastes 2 (T_2 Vs T_3 T_9 , T_{10}), 3 (T_3 Vs T_4 T_9 , T_{10}), 4 (T_4 y T_5 Vs T_6 , T_7 , T_8 y T_9 , T_{10}), 5 (T_6 y T_7 Vs T_8 y T_9 , T_{10}) y 6 (T_2 , T_4 , T_6 y T_8 Vs T_3 , T_5 , T_7 y T_9 , T_{10}), sin embargo si hubo diferencia significativa para tratamientos y una alta significancia para el contraste 1 (T_1 Vs T_2 , T_3 T_9 , T_{10}), el cuál corresponde al testigo absoluto y realizando las pruebas de rango múltiple (DMS al 95%, Cuadro 4.14) encontramos que el tratamiento 10 que corresponde al grano antes de la siembra es el de mayor valor con 1.98 % en el contenido de cenizas, seguido de los tratamientos 8 ($T_2 + 80$ Kg de P), 2 (Químico: 120- 80- 00), 3 (Químico: 120-120-00), 7 y 6 ($C_3 + 120$ y $C_3 + 80$ Kg de P) con un valor de 1.74 % respectivamente, 5 ($C_1 + 120$ Kg de P), 1 y 9 (Testigo y $T_2 + 120$ Kg de P) con un valor de 1.68 % respectivamente y por último tenemos al tratamiento 4 el cuál corresponde a la cepa ($C_1 + 80$ Kg de P) con un valor de 1.66 %, siendo esta la,

Cuadro 4.12. Análisis proximal del grano de la variedad AN - 3 88 antes de la

siembra, Buenavista - UAAAN. Enero 1996.

Grano de Trigo	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
% Cenizas	1.89 %	1.99 %	2.05 %
% Extracto Etéreo	2.04 %	1.56 %	1.80 %
% E L N	70.16 %	70.96 %	70.89 %
% Fibra Cruda	2.32 %	1.97 %	2.01 %
% Humedad	7.36 %	6.97 %	7.15 %
% Proteína	16.23 %	16.55 %	16.10 %

Cuadro 4.13 Análisis de varianza para el contenido de Cenizas de la semilla,

Buenavista - UAAAN. 1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
Repeticiones	2	0.01	0.006	0.86	NS
Tratamientos	9	0.26	0.029	4.14	*
Contraste 1	1	0.157	0.157	22.42	**
Contraste 2	1	0.010	0.010	1.42	NS
Contraste 3	1	0.008	0.008	1.14	NS
Contraste 4	1	0.020	0.020	3.00	NS
Contraste 5	1	0.003	0.003	0.42	NS
Contraste 6	1	0.014	0.014	2	NS
Error	18	0.13	0.007		
Total	29	0.40			

C.V. = 4.84 %

NS = No Significancia

* = Significancia

** = Alta significancia

Cuadro 4.14 Comparación de medias (DMS) al 95% para el contenido de Cenizas.

Tratamientos	Media	
10	1.98	A
8	1.87	AB
2	1.80	BC
3	1.75	BC
7	1.74	BC
6	1.74	BC
5	1.71	C
1	1.68	C
9	1.68	C
4	1.66	C
D.M.S	.1435203	

cepa más baja en su contenido de minerales, con éstos datos podemos decir que la cepa T₂ que corresponde a la cepa cultivada en Navidad, N.L, tratamiento 8 presenta el mismo contenido de minerales estadísticamente que el tratamiento 10 que

corresponde al grano utilizado antes de la siembra, lo que indica que de alguna forma la fertilización biológica puede ser una alternativa para incrementar los contenidos de minerales en el grano de trigo.

El análisis de varianza para la variable de proteína (Cuadro 4.15) nos presenta que no hay significancia para repeticiones y ni entre tratamientos ni para los contrastes 2 (T_2 Vs T_3 T_9 , T_{10}), 3 (T_3 Vs T_4 T_9 , T_{10}), 4 (T_4 y T_5 Vs T_6 , T_7 , T_8 y T_9 , T_{10}), 5 (T_6 y T_7 Vs T_8 y T_9 , T_{10}) y 6 (T_2 , T_4 , T_6 y T_8 Vs T_3 , T_5 , T_7 y T_9 , T_{10}), pero sí hubo alta significancia para el contraste 1 (T_1 Vs T_2 , T_3 T_9 , T_{10}), que es el testigo absoluto y para comprobar esto se relizaron las pruebas de medias (DMS al 95%,Cuadro 4.16), encontrando que estadísticamente son iguales la mayoría de los tratamientos, pero los tratamientos 9 ($T_2 + 120$ Kg de P) y 7 ($C_3 + 120$ Kg de P) con el mismo valor de 19.42 % , seguidos de los tratamientos 2 (Químico: 80 SFT), 6 ($C_3 + 80$ Kg de P), 4 ($C_1 + 80$ Kg de P), 1 (Testigo), 5 ($C_1 + 80$ Kg de P), 3 (Químico: 120 Kg de SFT), 8 ($T_2 + 80$ Kg de P) y con el valor más bajo el tratamiento 10 el cuál corresponde a la semilla. Ésto indica que las cepas de Buenavista (C_3) como de Navidad (T_2) aumentan el contenido de proteínas en el grano, sinembargo la mejor cepa es la C_3 con un promedio de 19.22%, en comparación de la cepa T_2 con 18.82%.

Cuadro 4.15 Análisis de varianza para el contenido de proteína de la semilla,

Buenavista - UAAAN. 1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
Repeticiones	2	1.05	0.527	0.48	NS
Tratamientos	9	21.64	2.405	2.17	NS
Contraste 1	1	17.741	17.741	16	**
Contraste 2	1	0.154	0.154	0.13	NS
Contraste 3	1	0.049	0.049	0.04	NS
Contraste 4	1	0.453	0.453	0.40	NS
Contraste 5	1	0.472	0.472	0.42	NS
Contraste 6	1	0.331	0.331	0.30	NS
Error	18	19.96	1.109		
Total	29	42.66			

$$C.V = 5.66$$

NS = No significancia

** =Alta significancia

Cuadro 4.16 Comparación de medias (DMS) al 95% para el contenido de proteínas.

Tratamientos	Media	
9	19.42	A
7	19.42	A
2	19.04	A
6	19.02	A
4	18.78	A
1	18.64	A
5	18.59	A
3	18.57	A
8	18.22	A
10	16.29	B
D.M.S	1.806468	

En el siguiente análisis de varianza que corresponde al extracto etéreo (Cuadro 4.17), se observa que no hubo significancia entre repeticiones, tratamientos ni entre contrastes, al realizar las pruebas de medias (DMS, Cuadro 4.18), nos muestra que

estadísticamente son iguales todos los tratamientos los tratamiento 6 y 7 ($C_3 + 80$ y $C_3 + 120$ Kg P) que corresponden a la cepa C_3 con un valor de 1.83 % son los mejores en su contenido de extracto etéreo, seguido de los tratamientos 5 ($C_1 + 120$ Kg P), 8 ($T_2 + 80$ Kg P), 10 (Semilla), 9 ($T_2 + 120$ Kg P), 3 (Químico: 120-120-00), 2 (Químico: 120-80-00), 1 (Testigo) y con el valor más bajo está el tratamiento 4 ($C_1 + 80$ Kg P) con 1.58 %, con estos datos podemos concluir que las cepas de *Azospirillum* obtenidas de Navidad, N.L., y de Buenavista, Coah., sí incrementan los contenidos de extracto etéreo en el grano de trigo.

Para la característica de fibra cruda el ANVA (Cuadro 4.19), nos muestra una no significancia entre repeticiones y los contrastes 1, 3, 4, 5 y 6, sin embargo si hubo alta significancia entre tratamientos y para el contraste 2 (T_2 Vs T_3 T_9, T_{10}) que corresponde al químico; según la prueba de rango múltiple (DMS, Cuadro 4.20), encontramos que el mejor tratamiento es el 8 ($T_2 + 80$ Kg P) con un valor de 3.04 %, siendo la de mejor efecto la cepa C_3 (Tratamientos 6 y 7), seguido del tratamiento 6 ($C_3 + 80$ Kg P) con un valor de 3.03 %, aunque ambos estadísticamente son iguales sí hubo diferencia entre ellos, posteriormente le siguen los tratamientos 7 ($C_3 + 120$ Kg P), 5 ($C_1 + 120$ Kg P), 3 (Químico: 120 Kg SFT), 9 ($T_2 + 120$ Kg P), 2 (Químico: 80 Kg SFT), 4 ($C_1 + 80$ Kg P), 1 (Testigo) y por último tenemos al tratamiento 10 (semilla) con el valor más bajo (2.10 %),

Cuadro 4.17 Análisis de varianza para el contenido de Extracto Etéreo de la semilla

Buenavista - UAAAN. 1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
Repeticiones	2	0.03	0.017	0.80	NS
Tratamientos	9	0.25	0.028	1.33	NS
Contraste 1	1	0.011	0.011	0.52	NS
Contraste 2	1	0.065	0.065	3.10	NS
Contraste 3	1	0.030	0.030	1.42	NS
Contraste 4	1	0.051	0.051	2.42	NS
Contraste 5	1	0.003	0.003	0.14	NS
Contraste 6	1	0.029	0.029	1.38	NS
Error	18	0.38	0.021		
Total	29	0.67			

C.V. = 8.38 %

NS = No Significancia

Cuadro 4.18 Comparación de medias (DMS) al 95% para el contenido de Extracto Etéreo.

Tratamientos	Media	
6	1.83	A
7	1.83	A
5	1.82	A
8	1.81	A
10	1.80	A
9	1.78	A
3	1.72	A
2	1.66	A
1	1.60	A
4	1.58	A
D.M.S	.2485845	

como podemos observar en la DMS, la cepa T₂ (Navidad N.L) y C₃ (Buenavista, Coah.), es decir la mayoría de los tratamientos son estadísticamente iguales excepto el testigo y el tratamiento 10 (semilla) con éstos datos podemos decir, que los tratamientos con producto biológico superaron a los tratamientos con producto

químico y de acuerdo con el análisis proximal del grano antes de la siembra, el cuál presenta bajo contenido de fibra cruda, ésto nos indica que la inoculación al suelo con ésta bacteria aumenta el contenido de fibra cruda al grano (Carbohidratos naturales).

El siguiente análisis de varianza corresponde a la variable de contenido de humedad (Cuadro 4. 21) en el cuál no hubo diferencia significativa entre repeticiones tratamientos ni entre los contrastes 2, 3, 4, 5 y 6 pero sí hubo una alta significancia en el contraste 1 (T_1 Vs $T_2, T_3 \dots T_9, T_{10}$) para comprobar ésto se realizaron las pruebas de medias (DMS al 95 %Cuadro 4. 22), encontrando que el mejor contenido de humedad es el tratamiento 3 con fertilizante químico: 120 Kg P, con un valor de (9.22 %), seguido de los tratamientos 9 ($T_2 + 120$ Kg P), 4 ($C_1 + 80$ Kg P), 5 ($C_1 + 120$ Kg P), 2 (Químico: 80 Kg P), 8 ($T_2 + 80$ Kg P), 6 ($C_3 + 80$ Kg P), 7 ($C_3 + 120$ Kg P), 1 (Testigo) y con el valor más bajo (7.16 %) tenemos al tratamiento 10, el cuál corresponde al grano antes de la siembra. Cabe mencionar que aunque todos los tratamientos son iguales estadísticamente, a excepción del tratamiento 10 como se demuestra en su DMS para está característica, si hubo diferencias entre los tratamientos; ésto indica que entre la fertilización química tratamiento 3 superaron a la biológica, más no así estadísticamente, llegando a la conclusión de que el contenido de

Cuadro 4.19 Análisis de varianza para el contenido de Fibra Cruda de la semilla, Buenavista - UAAAN. 1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
-----	----	----	----	---------	---------------

Repeticiones	2	0.02	0.010	0.07	NS
Tratamientos	9	2.47	2.274	17.09	* *
Contraste 1	1	0.999	0.999	0.06	NS
Contraste 2	1	0.628	0.628	4.72	*
Contraste 3	1	0.147	0.147	1.10	NS
Contraste 4	1	0.232	0.232	1.74	NS
Contraste 5	1	0.033	0.033	0.24	NS
Contraste 6	1	0.019	0.019	0.14	NS
Error	18	2.39	0.133		
Total	29	4.88			

C.V. = 13.76 %

NS = No Significancia

* = Significancia

* * =Alta Significancia

Cuadro 4.20 Comparación de medias (DMS) al 95% para el contenido de Fibra Cruda.

Tratamientos	Media	
8	3.04	A
6	3.03	A
7	2.85	AB
5	2.78	AB
3	2.67	ABC
9	2.63	ABC
2	2.58	ABC
4	2.51	ABC
1	2.28	BC
10	2.10	C
D.M.S	.6255906	

humedad en el grano debe estar en equilibrio con los demás componentes del grano como lo son proteínas, azúcares, almidón, minerales, grasas, aceites en forma balanceada y de acuerdo al producto final que se requiera el grano, ya que un exceso de humedad en el grano puede ocasionar pudrición.

El siguiente y último análisis de varianza corresponde a la característica del contenido de extracto libre de nitrógeno (Cuadro 4.23) nos arrojó no significancia entre repeticiones ni entre los contrastes 2, 3, 4 y 6 pero sí se presentó una significancia entre tratamientos y para el contraste 5 (T_6 y T_7 Vs T_3 y T_9 , T_{10}) y una alta significancia para el contraste 1 (T_1 Vs T_2 , T_3 T_9 , T_{10}), realizando las pruebas de rango múltiple (DMS al 95% Cuadro 4.24), encontramos al tratamiento 10 (Semilla) con el más alto en su contenido ELN; con un valor (70.67 %), después le siguen los tratamientos 1 (Testigo), 4 ($C_1 + 80$ Kg P), 5 ($C_1 + 120$ Kg P), 2 (Químico: 80 Kg P), 3 (Químico: 120 Kg P), 6 ($C_3 + 80$ Kg P), 8 ($T_2 + 80$ Kg P), 9 ($T_2 + 120$ Kg P) y por último está el tratamiento 7 ($C_3 + 120$ Kg P) con el valor más bajo en su contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) con 65.49 %, esto nos indica que el tratamiento marcado con el número 10 que corresponde a la semilla superó al resto de los tratamientos como se observa en su DMS para esta característica. Sin embargo esta determinación es una aproximación ya que se obtiene por diferencia de todas las mencionadas anteriormente por lo que sólo muestra una aproximación en el contenido de extracto libre de nitrógeno.

Cuadro 4.21 Análisis de varianza para el contenido de Humedad de la semilla,

Buenavista - UAAAN. 1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
Repeticiones	2	1.46	0.729	1.68	NS
Tratamientos	9	8.11	0.901	2.08	NS

Contraste 1	1	7.047	7.047	16.27	**
Contraste 2	1	0.269	0.269	0.62	NS
Contraste 3	1	0.178	0.178	0.41	NS
Contraste 4	1	0.001	0.001	2.30	NS
Contraste 5	1	0.080	0.080	0.18	NS
Contraste 6	1	0.228	0.228	0.06	NS
Error	18	7.79	0.433		
Total	29	17.36			

C.V= 7.64%

NS= No significativo

** = Altamente significativo

Cuadro 4.22 Comparación de medias (DMS) al 95% para el contenido de Humedad.

Tratamientos	Media	
3	9.22	A
9	8.99	A
4	8.79	A
5	8.76	A
2	8.70	A
8	8.68	A
6	8.68	A
7	8.67	A
1	8.49	A
10	7.16	B
D.M.S	1.128778	

Cuadro 4.23 Análisis de varianza para el contenido de ELN de la semilla, Buenavista - UAAAN. 1996.

Fv.	gl	Sc	Cm	Valor F	Significancia
Repeticiones	2	4.48	2.241	1.50	NS
Tratamientos	9	64.27	7.141	4.79	*
Contraste 1	1	55.760	55.760	37.42	**

Contraste 2	1	4.735	4.735	3.17	NS
Contraste 3	1	0.220	0.220	0.14	NS
Contraste 4	1	3.127	3.127	2.10	NS
Contraste 5	1	0.006	0.006	4.02	*
Contraste 6	1	0.385	0.385	0.25	NS
Error	18	26.81	1.490		
Total	29	95.56			

C.V= 1.83%

NS= No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

Cuadro 4.24 Comparación de medias (DMS) al 95% para el contenido de ELN

Tratamientos	Media	
10	70.67	A
1	67.31	B
4	66.68	B
5	66.34	B
2	66.22	B
3	66.07	B
6	65.81	B
8	65.71	B
9	65.50	B
7	65.49	B
D.M.S	2.093908	

V . CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis de varianza del presente trabajo se concluye al comparar las dos fertilizaciones química y biológica podemos concluir que la inoculación al suelo con *Azospirillum* sp tuvo buenos resultados

siendo mejor cepa la C₃ obtenida de Buenavista, incrementando la producción de grano (Ton/ha), superando la media del estado que es de 2.5 a 2.7 ton/ha en comparación con la fertilización con producto químico, en calidad del grano y en base a los resultados obtenidos del análisis proximal para la mayoría de las variables (ceniza, proteína, extracto etéreo, fibra cruda) también , seguida de la cepa T₂ (Navidad) para el primer muestreo de altura de planta; y la cepa C₁ (Buenavista) para la variable de longitud de espiga y humedad resultó ser la mejor.

La mejor cepa fué la C₃ como se demuestra anteriormente y la fertilización con está bacteria al suelo representa una buena alternativa para incrementar la producción y calidad del grano además de los beneficios ecológicos que ofrece y el bajo costo en comparación con el fertilizante químico.

VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en Buenavista, Coahuila, - UAAAN, durante el ciclo invierno - primavera 1996 con el objetivo de evaluar la respuesta a la fertilización biológica (*Azospirillum* sp) y química (SFT), para las características de rendimiento y calidad del grano, utilizando como material genético a la variedad de trigo harinero AN - 388 variedad primaveral y como material biológico a la bacteria *Azospirillum* sp, con tres cepas correspondientes a dos localidades diferentes Buenavista, Coah; (C₁ y C₃) y Navidad, N.L; (T₂) las cuales fueron inoculadas al suelo para su evaluación y como fertilizante químico (P y N) con dosis de 80 y 120 Kg.

Para esta evaluación experimental se utilizó el diseño de bloques al azar con 9 tratamientos y 3 repeticiones. El primer tratamiento corresponde al testigo no fertilizado, el segundo y tercer tratamiento con fertilización química (120-80-00 y 120-120-00) respectivamente cada uno, los tratamientos 4 y 5 que corresponde a la cepa C₁ se inocularon con *Azospirillum* sp + 80 y 120 Kg de P respectivamente, los tratamientos 6 y 7 de la cepa C₃ (*Azospirillum* sp) se inocularon con iguales cantidades de fósforo al igual que los tratamientos 8 y 9 cepa T₂.

Antes de la siembra se realizó un análisis de suelo para determinar de que elemento carecía, el cuál presentó deficiencias de nitrógeno y fósforo además de que presenta una textura arcillosa.

Los resultados de éste trabajo, presentaron un incremento en rendimiento de grano en ton/ha (2.7) superando la media del estado que es de 2.5 ton/ha, cabe mencionar que el incremento de grano en rendimiento se obtuvo de las medias por cepas como se mostró anteriormente; en lo que respecta a calidad de grano observamos que los contenidos de proteínas, cenizas, extracto etéreo y fibra cruda, se incrementaron al inocular el suelo con esta bacteria.

En forma global la mejor cepa fué la C₃ de obtenida de Buenavista, Coah; que incrementó los parámetros de rendimiento y mejoró la calidad de grano con lo cuál representa una alternativa para ser utilizada como un fertilizante biológico en regiones de clima templado.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abdalla, O., Trethowan, R. M. 1991. Expression of agronomic traits in triticale and other small grains under different moisture regimes. Centro internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México; Brazilian Agricultural Research Center. Proceeding of the Second International Triticale Symposium. CIMM y T. pp. 244-245. México.
- Alcalde, S. 1981. Curso de nutrición vegetal. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Alvárez, R y Lemus, A. 1980. Quimiotaxis de *Azospirillum lipoferum* y *A. brasilense* hacia exudados radiculares en gramíneas. Actividad de maíz, sorgo y trigo. Rev. Latinoamericana de Microbiología 22: 131,135. México.
- Alvárez, R. 1983. Presencia de *A. lipoferum* y *A. brasilense* en la rizósfera de algunas plantas cultivadas y silvestres. Rev. Facultad de Agronomía. 4(3): 271-276. UNAM. México.

- Aykroya, W.R y Dougty, J. 1978. El trigo en la alimentación humana. 2a reimpresión. pp.30-32. FAO. Italia.
- Basteleare, E., Van., Mot, R., Michiels, K., Vander, L. J. 1993. Differential gene expression in *Azospirillum* spp by plant root exudates: analysis of protein profiles by two-demensional polycrylamide gel electrophoresis. FEMS-microbiol-lett. v 112(3). pp. 335-341. Holanda.
- Bashan, Y., Levanony, H.1991. Alterations in membrane potential and in proton efflux in plant roots indeced by *A. brasilense*. Dev-plant-soil-sci. v 48.pp. 175-179. U.S.A.
- Bashan, Y., Puente, M. E., Rodriguez-Mendoza, M.N., G., Holguin. G., Ferrera-Cerrato, R., Pedrin, S. 1995. Survival of *A. brasilense* in the bulk soil and rhizosphere of 23 soil types. Appl-environ-microbiol. American Society for Microbiology. v 61(5). pp. 1938-1945. U.S.A.
- Barberis, L. A. 1983. Análisis de la respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada. La pampa ondulada y su predicción. Ciencia del suelo. v 1(2).pp. 51-64. Argentina.
- Bergey's, Manual. 1984. Bacteriología sistemática, De. v 1, secc.2. pp. 527-529. U.S.A.
- Brown, A.W.A., T.C., Gibbs, M., and San Pietro, A. 1975. "Crop productivity-research imperatives" Nat. Sci. Found. U.S.A.
- Bryan, A. H., Bryan, C. A., Bryan, G. C. 1971. Bacteriología (principios y prácticas). Edit. Continental. 1ª de. Cap. 8. pp. 153,154. México.
- Colín, R. M. 1992. Apuntes de cultivos básicos., Depto Fitomejoramiento, Programa de cereales pequeños. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Day, J.M., and Döbereiner, J. 1976. Physylogical aspects of nitrogen fixation by *Azospirillum* from Digitalaria roots soil Biol. Biochem 8: 45-50. U.S.A.
- Evans, H.J. 1975. "Enhancing Biological Nitrogen Fixation". Natl. Sci, Found. U.S.A.
- Fasshendder, H.W.1980. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. pp. 219-231, 251-262. Costa Rica.
- Freitas, J.R de., Germia, J.J. 1990. A root tissue culture system winter wheat-rizobacteria interactions. Appl-Microbiol-Biothec. v. 33(5). pp. 589-595. Alemania.

- Gamo, T. y Toriyama, S. 1989. Isolation of *Azospirillum* spp from the roots of graminuos plants and growth-promoting effect. Bulletin of the National Institute of Agrobiological Resources. No 5. pp. 37-58. Japan.
- Ginzo, H.D., Alcócer, N., Hartschuh, R.E., Klein, R.E. 1983. Fertilización nitrógeno-fosfatada de trigo por el "Método de las variantes sistemáticas". Crecimiento de la parte aérea, contenido de nitrógeno y fósforo y rendimiento de grano. Rev. Facultad de Agronomía. v. 4(3). pp. 297-308. Argentina.
- Gil, M. 1995. Elementos de fisiología vegetal. Edit. Mundi-Prensa. pp.252-256. España.
- Guerrero, G.A. 1981. Cultivos herbáceos extensivos. Edit. Mundi-Prensa. 2ª de. pp. 17-22, 41-54. España.
- Halsll, D.M., and Goodchild., D.J. 1986. Nitrogen fixiation associated with development and localization of mixed populations to *Cellulomonas* sp and *A. brasilense* grown on cellulose or wheat straw. Applied and Environmental Microbiology. 51:4, 849-854; 17. Australia.
- Hanson, H and Anderson, R.G.1982. Trigo en el tercer mundo. CIMMyT. pp. 1-12. México.
- Heyne, E.G. 1987. Wheat and improvement. 2th edition. American Society of Agronomy. III. Series. pp. 678,679. U.S.A.
- Hinojosa, Q.M.A. 1981. Pruebas de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo con diferentes densidades de siembra en el cultivo de triogo en Genaral Bravo, N.L., Tesis Profesional Suelos. U.A.A.A.N., Saltillo, Coahuila, México.
- Jacob, A and Von Wexkull, H. 1973. El desarrollo fisiológico y el rendimiento de cosechas. Escuela Nacional de Agricultura Chapingo. pp. 231-238. México.
- Jeans, H. 1981. Cereales, frutos secos y semillas fuentes concentradas de la nutrición. Edit. Artes Gráficas EMA. pp. 42,43. España.
- Katupitiya, S., Millet. J., M., Viccars, L., Zeman, A., Z., C., Kennedy, J.R. 1995. A mutant of *A. brasilense* sp7 impaired in flocculation with a modified colonization pattern and superior nitrogen fixation in association with weath. Appl environ microbiol. American Society for Microbiology. v. 61(5) pp. 1487-1995. U.S.A.

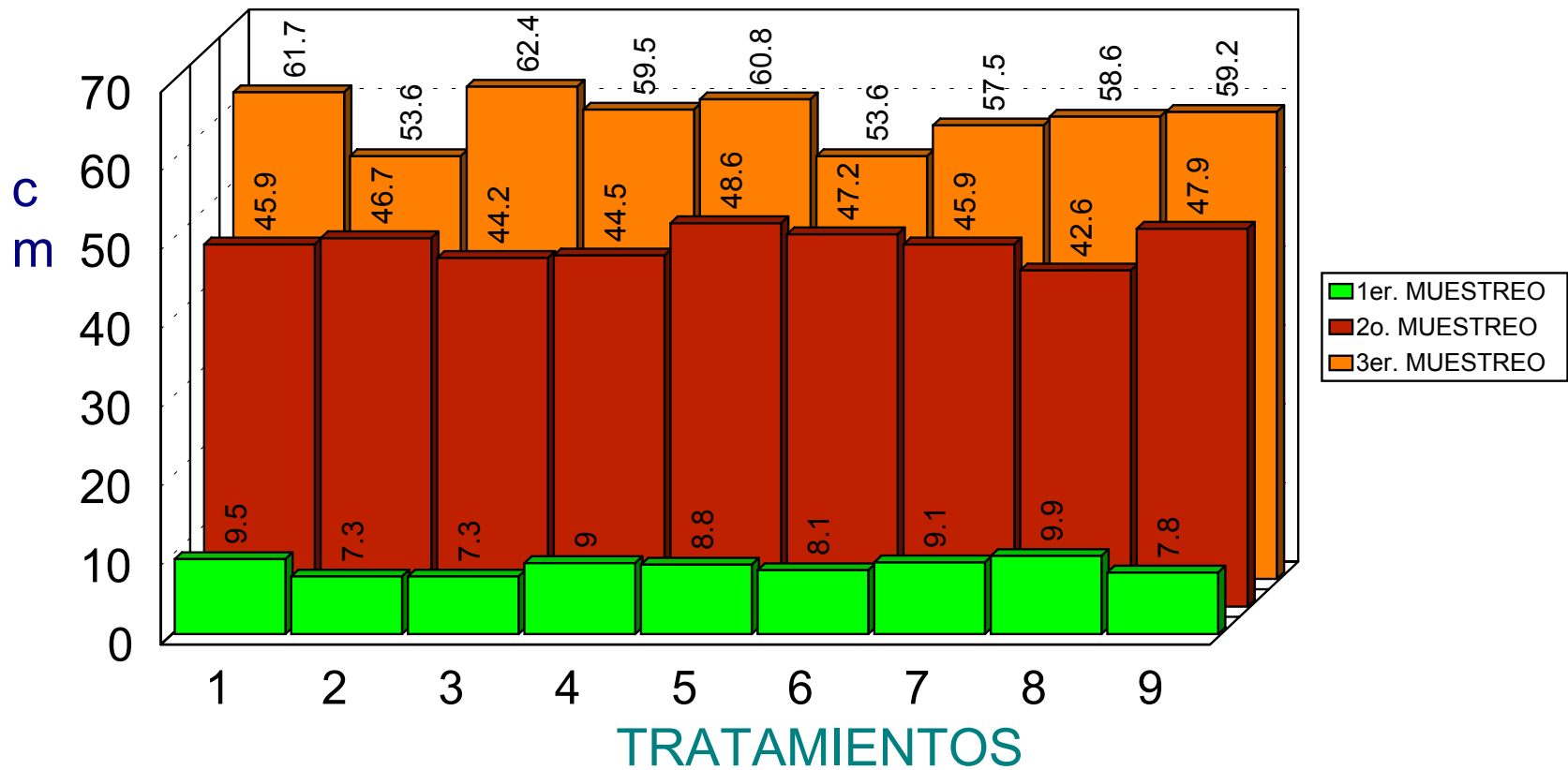
- Kent, N.L. 1987. Tecnología de los cereales. Edit. Acribia. pp. 16-67, 121-133. España.
- Lira, S.R.H. 1994. Fisiología vegetal. Edit. Trillas. 1^{ra} Impresión. pp.193-202. México.
- Manuales para Educación Agropecuaria. 1985. Trigo, cebada, avena. SEP. Edit. Trillas. pp. 9-12, 35. México.
- Miller, V.E. 1981. Fisiología vegetal. Edit. Uthea. 1a de. pp. 135. México
- Mokaden, M.T and Badawi, A.M. 1992. Effect of *Azospirillum* inoculation on the amino acid content in roots and shoots of wheat, barley, peas and lupin. Zentralblatt fuer Microbiologie. 147(1-2). Alemania.
- Monzón de A, M.A. 1983. Estudios sobre las infecciones de raíces de trigo (*Triticum aestivum*) por *Azospirillum* spp. Rev. Facultad de Agronomía. 4(3) pp. 283-289. Argentina.
- Nieto, T., Taladriz, M., Brajcich, T and Amaya, A. 1992. Trigos duros de doble propósito. 1ra Conferencia Nacional de Trigo. Centro de Investigaciones Regionales del Noroeste. México.
- Official Methods of Analysis of the Association Official Agriculture Chemists. 1980. 13th.Edition Published by the Association Official Agriculture Chemists. pp. 125-132, 290-552. U.S.A.
- Ortíz, V. B y Ortiz, S.C.A. 1984. Edafología. Edit. Limusa. UACH. 4a edic. pp. 129-135. México.
- Pérez, C. A. 1996. Respuesta a la temperatura y estreptomycin de 10 cepas de *Azospirillum* del Bajío, U.A.A.A.N y Navidad, N.L. Tesis Profesional Fitotecnia. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Quisenberry, K.S.L.P. Reitz. 1967. Wheat and wheat improvement. American Society of Agronomy. U.S.A.
- Ramirez, R.L.E. 1980. Determinación del calendario de riego óptimo y su interacción con la fertilización nitrogenada en el cultivo del trigo variedad tardía en Navidad, N.L. Tesis Profesional. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Ray, P. 1985. La planta viviente. 9^a Impresión. Cia. Edit. Continental. pp. 130,141, 215-223. México.

- Robles, S.R. 1985. Producción de granos y forrajes. Edit. Limusa. 4a Reimp. pp. 193, 194. México.
- Robles, S.R. 1990. Producción de granos y forrajes. Edit. Limusa. 5ª de. pp. 592. México.
- Rodríguez, C.E.A. 1981 Nuevo medio para aislar *Azospirillum* sp. 1ª Reunión Nacional sobre Fijación Biológica de Nitrógeno. Argentina.
- Rojas, G.M y Vázquez, G.R. 1995. Manual de herbicida y fitoreguladores, aplicación y uso de productos agrícolas. 3ª de. Edit. Uthea. p. 116. México.
- Smika, D.E and Greb, B.W. 1973. Protein content of winter wheat grain as related to soil and climatic factors in the semiarid great plains. Agr. Journal. v. 65: 433-435. U.S.A.
- Tarrand, J.J., Krieg, N.R and Döbereiner, J. 1978. A taxonomic study of the *S. lipoferum* grup. with description of a new genus *A. lipoferum Beijerinck*. Con nov. and *A. brasilense*. Can. J. Microbiol. (24): 967-980. Canadá.
- Tchan, Y.T., Zeman, A.M.M., Kennedy, Y.R. 1991. Nitrogen fixation in para-nodules of wheat roots by introduced free-living diazotrophs. Dev plant soil sci. v. 48. pp. 269-273. Holanda.
- Thompson, W.W and Weier, T.E. 1962. The fine structure of chloroplast from mineral deficient on the structure of the leaf cells of tomato, spinach, maize. Bot. (14): 1-18 .Australia.
- Tisdale, S.L and Nelson, W. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Edit. Uthea. 1a ed. p. 147. México.
- Tisdale, S.L and Nelson, W. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Edit. Uthea-Limusa. pp. 139-145. México.
- Weaver, J.R. 1990. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. Edit. Trillas. pp. 17-20, 114-123. México.
- 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. Canadá.
- Zamora, V.M y Lozano del R.A. 1995. Características de la variedad de trigo AN 388 (observaciones y notas de campo). U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, México.

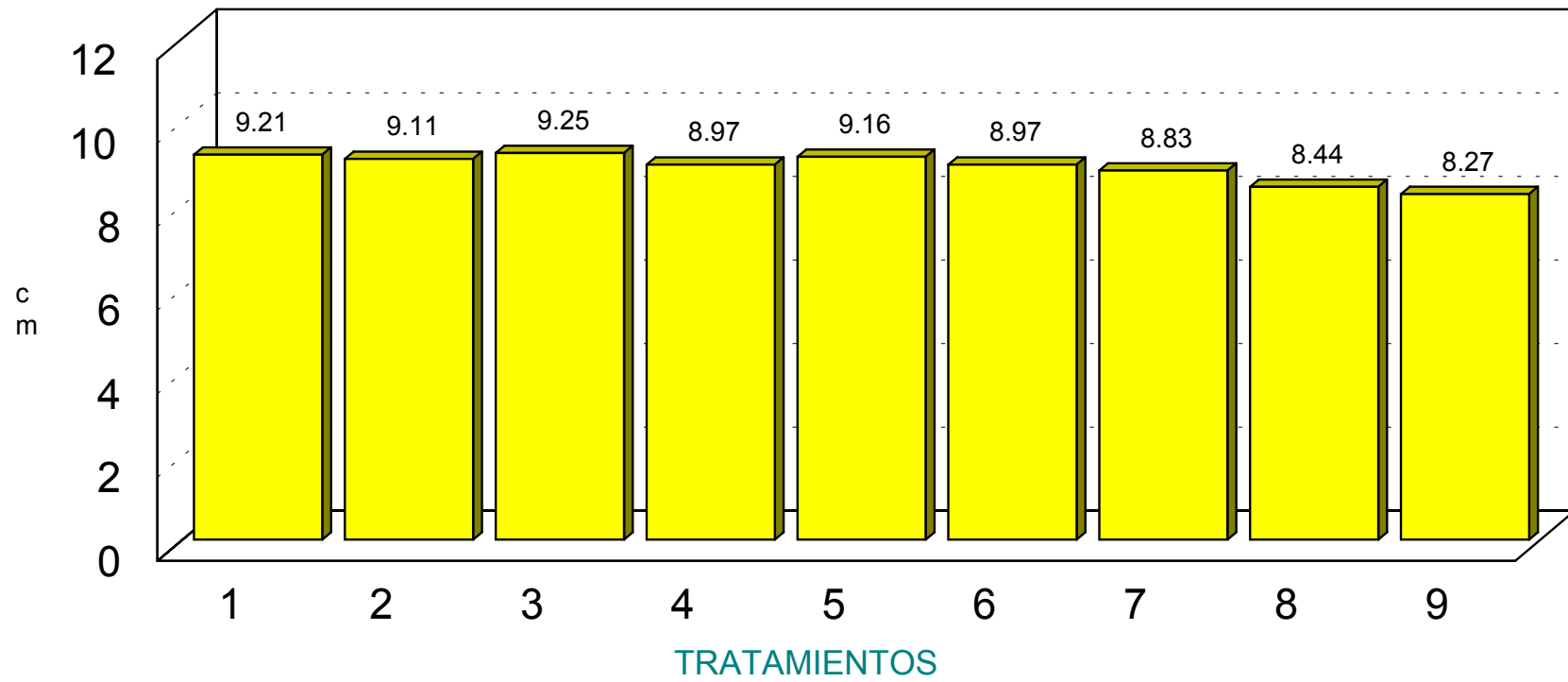
- Zamudio, M., Bastarrachea, F. 1994. Adhesiveness and root hair deformation capacity of *Azospirillum* strains for wheat seedlings. *Soil biol. biochem.* Exeter: Pergamon Press. v. 26(6) pp. 791-797. Inglaterra.
- Zimmer, w., K. Roeben and H. Bothe. 1989. An alternative explanation for plant growth promotion by bacteria of the genus *Azospirillum*. (*Botanisches Institut der Universitaet Koel*). v. 176(3): 333-342. Alemania.

VIII. A P É N D I C E

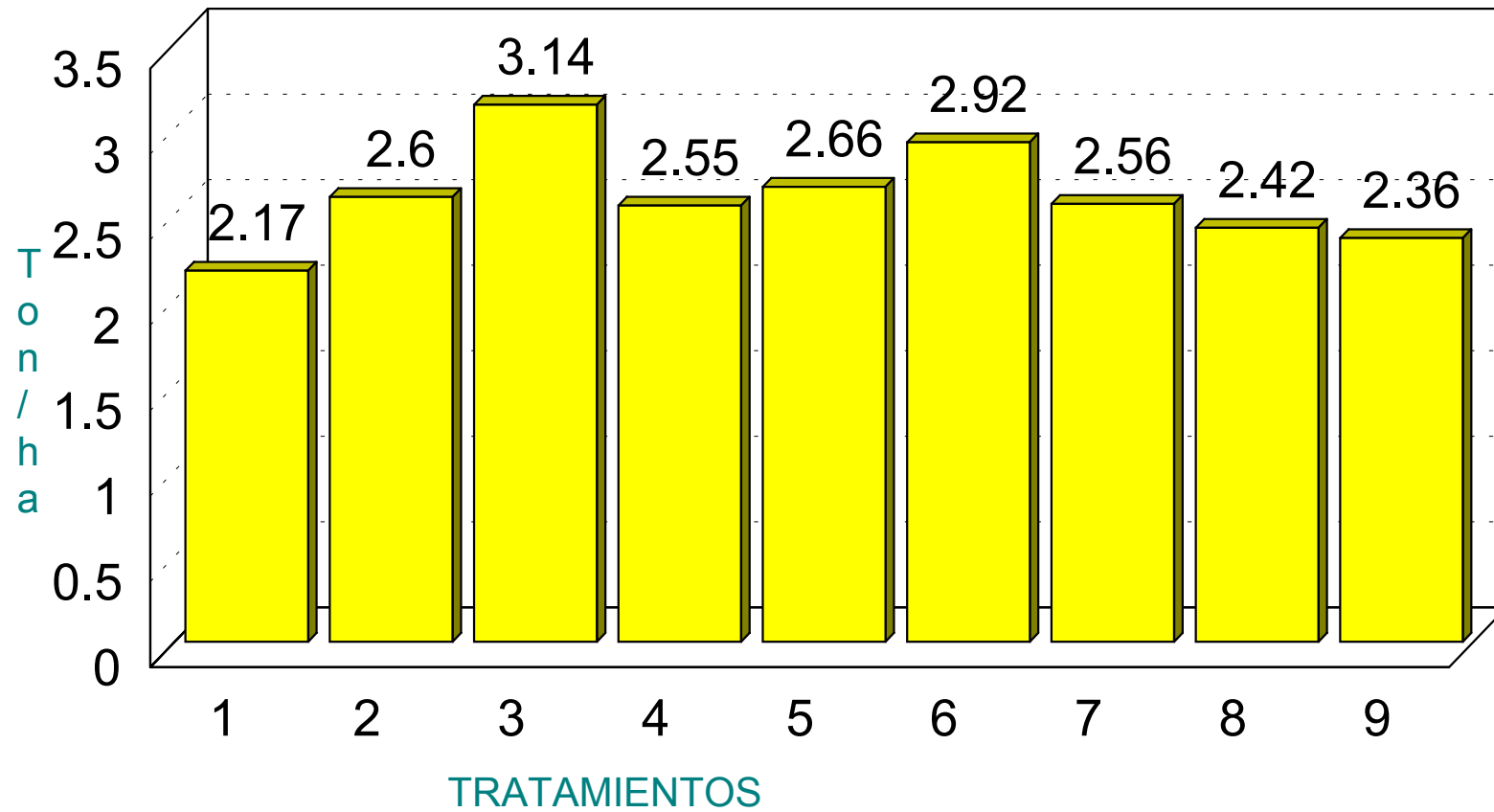
GRAFICA 1A.-ALTURA DE PLANTA PARA LOS TRES MUESTREOS. BAJIO
U.A.A.A.N. 1996.



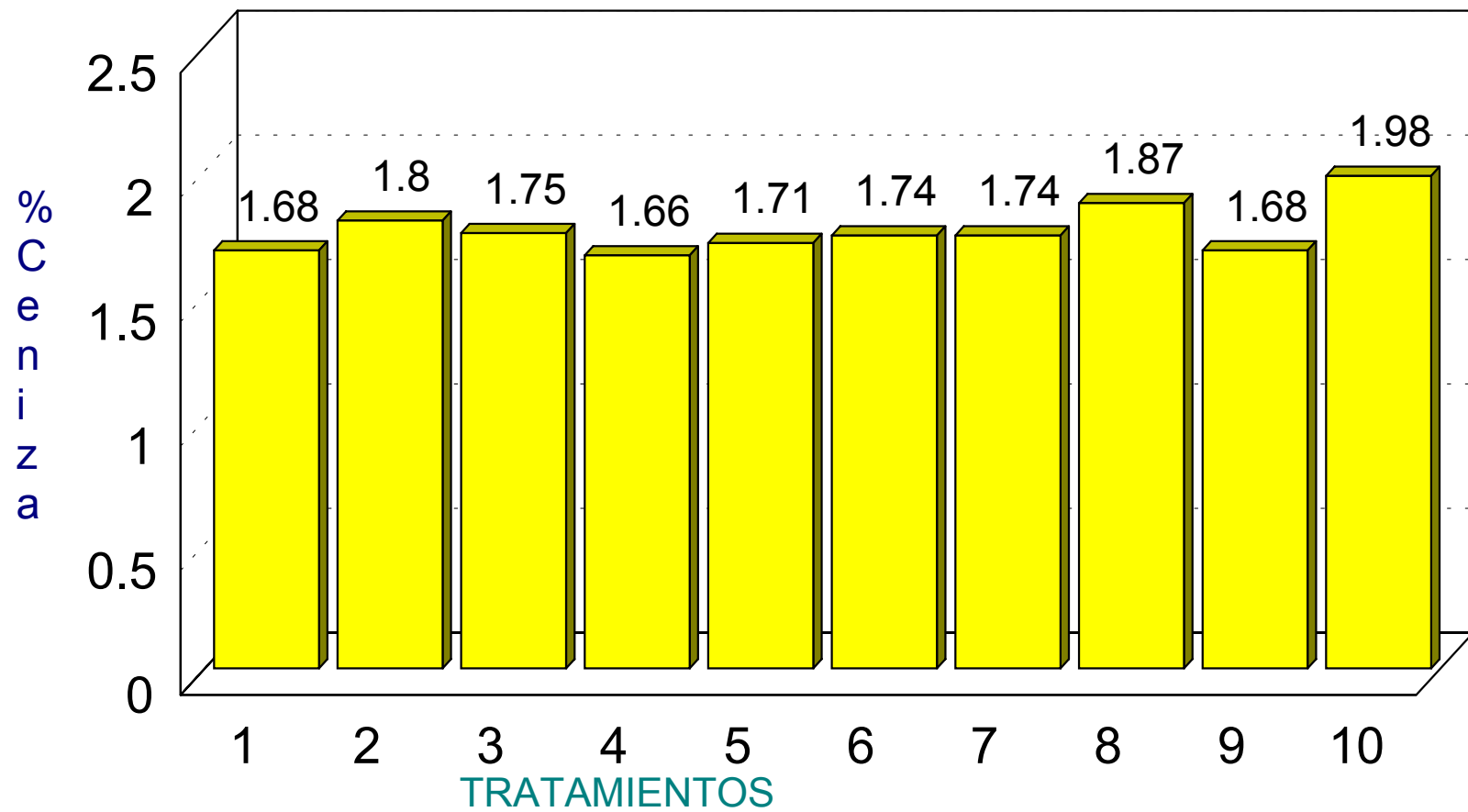
GRAFICA 2A.- LONGITUD DE ESPIGA. BUENAVISTA - U.A.A.A.N. 1996.



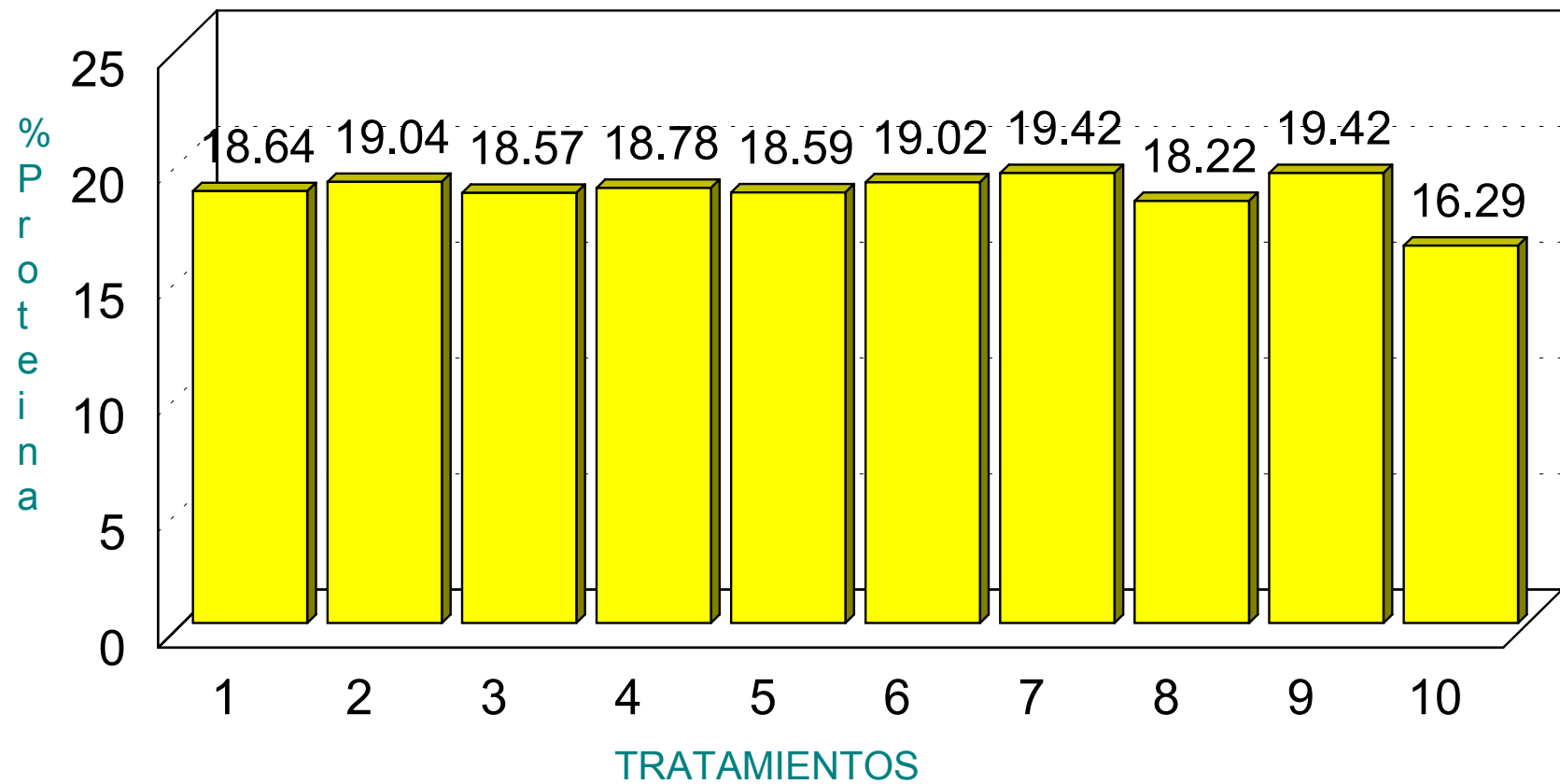
GRAFICA 3A.- RENDIMIENTO EN TON/HA BUENAVISTA - UAAAN.1996.



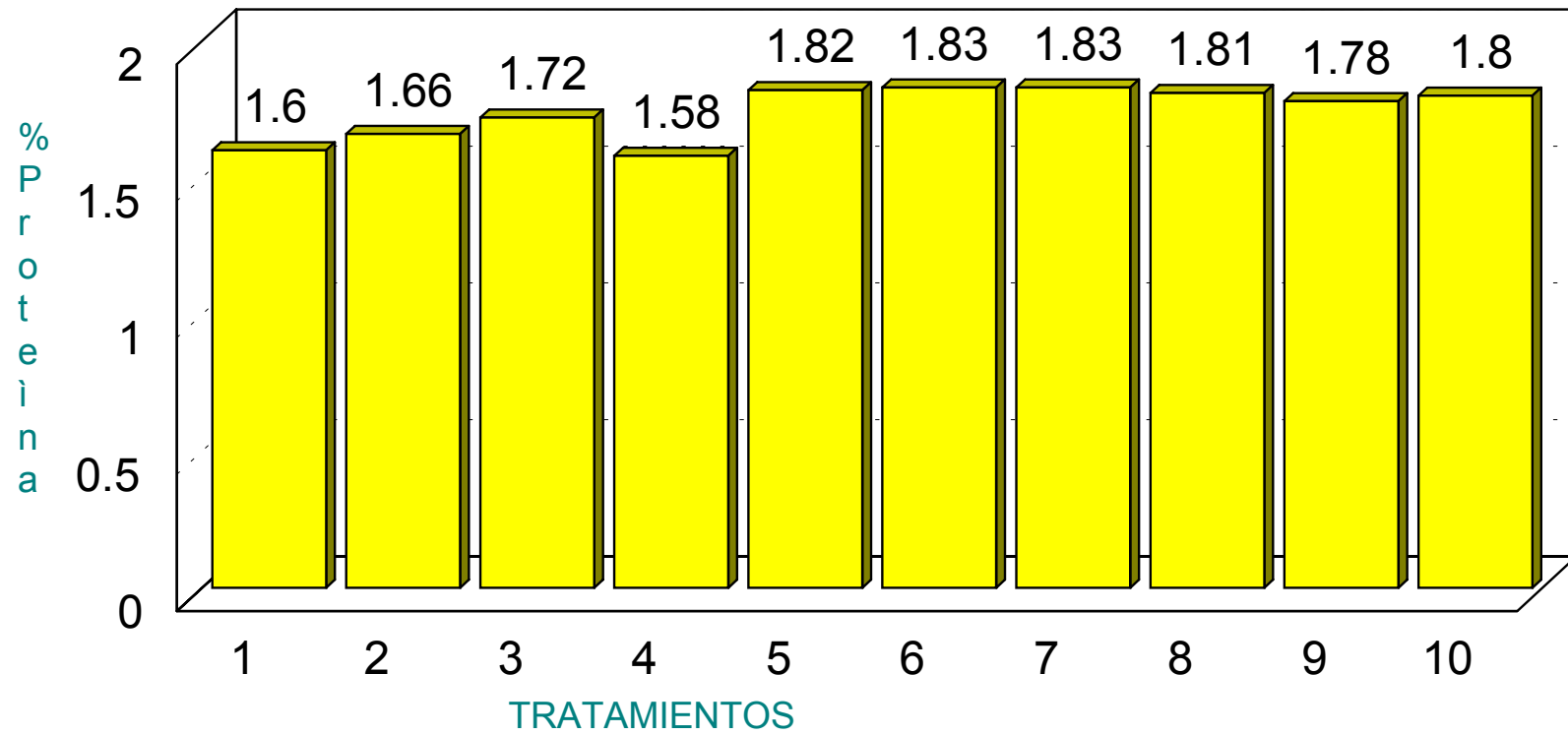
GRAFICA 4A.- CONTENIDO DE CENIZA. BUENAVISTA - UAAAN. 1996.



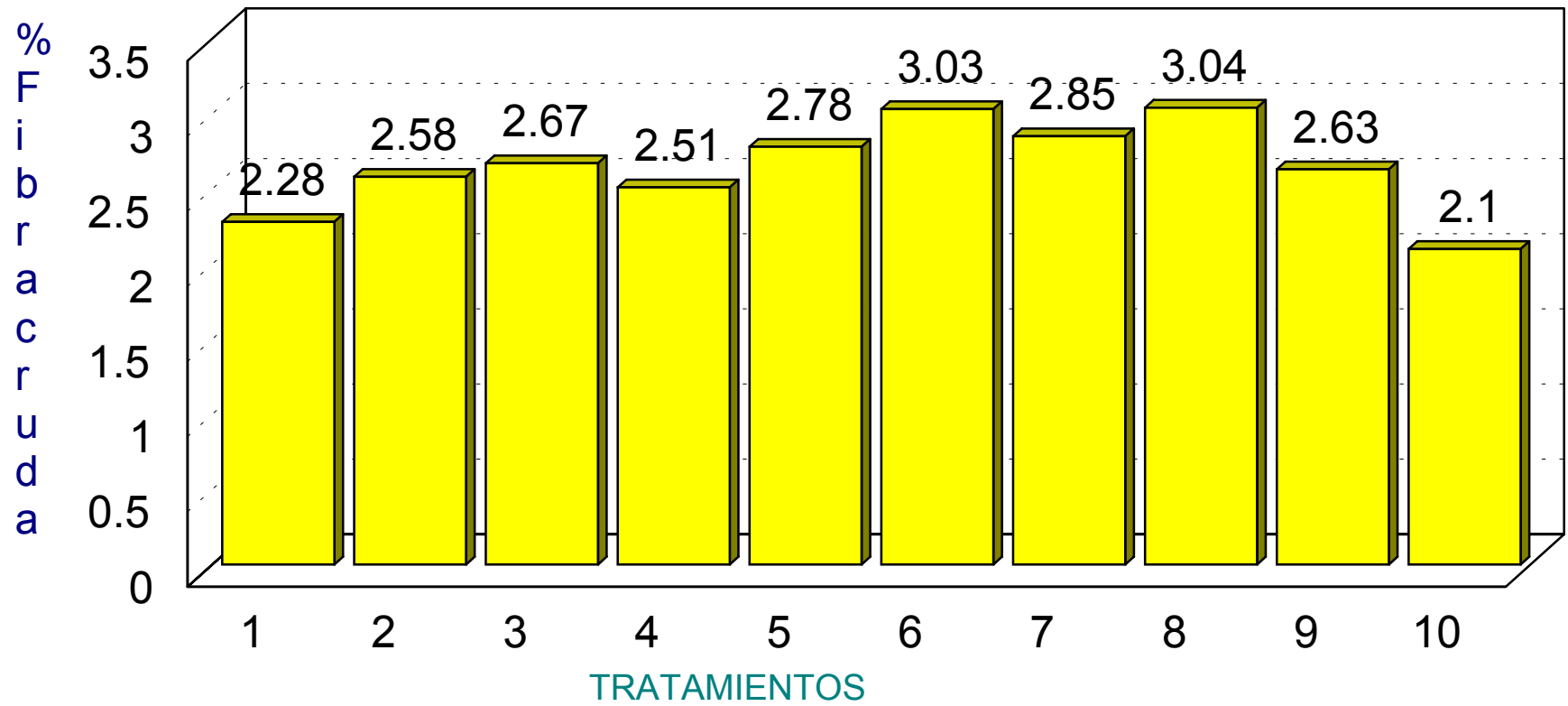
GRAFICA 5A.- CONTENIDO DE PROTEINA. BUENAVISTA - UAAAN. 1996.



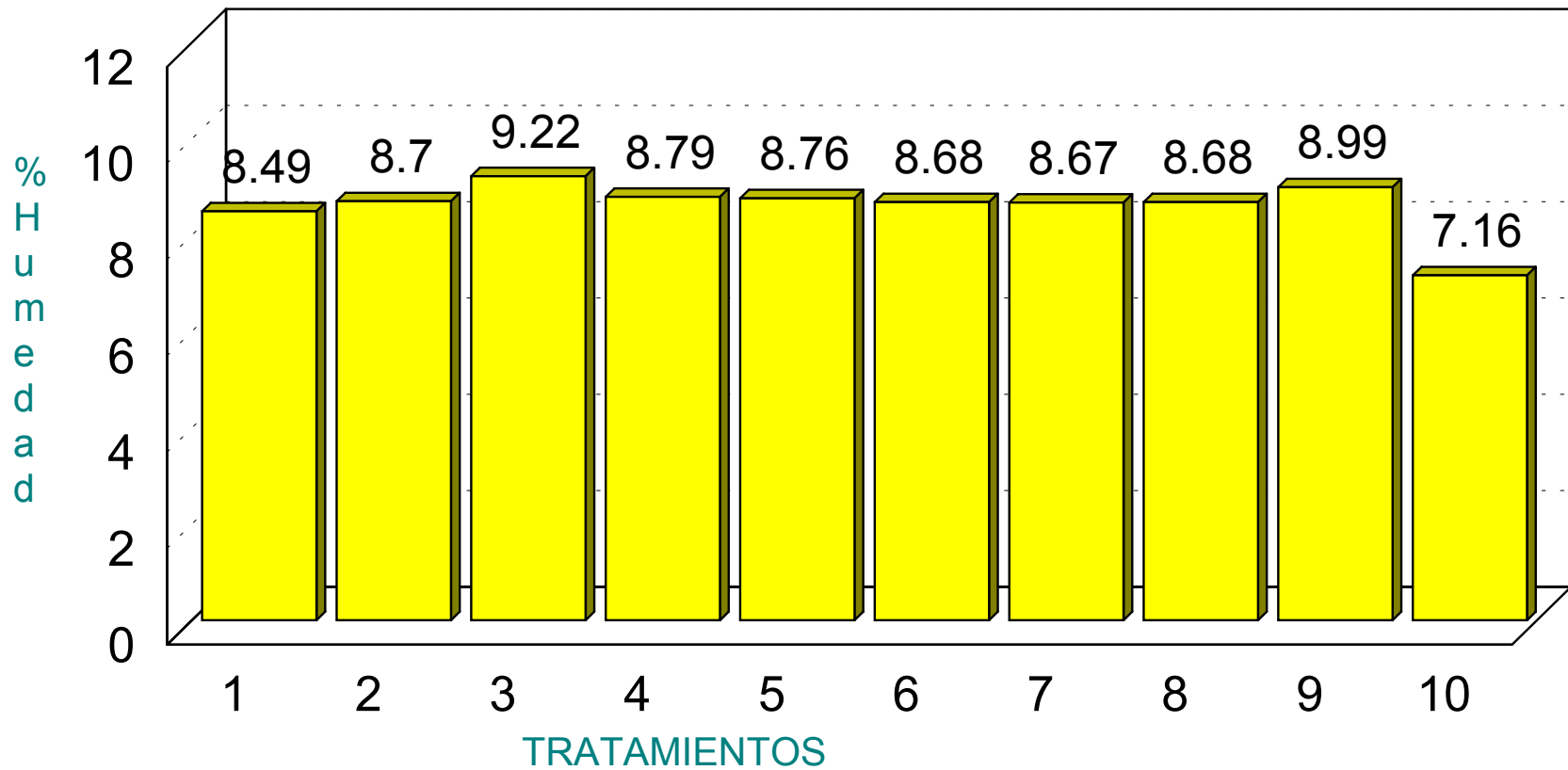
GRAFICA 6A.- CONTENIDO DE EXTRACTO ETereo. BUENAVISTA - UAAAN. 1996.



GRAFICA 7A.- CONTENIDO DE FIBRA CRUDA. BUENAVISTA - UAAAN.
1996.



GRAFICA 8A.- CONTENIDO DE HUMEDAD. BUENAVISTA - UAAAN. 1996.



GRAFICA 9A.- CONTENIDO DE EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO.
BUENAVISTA - UAAAN. 1996.

