

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Efectividad de biofertilizante sobre caracteres agronómicos
y rendimiento en trigo duro variedad Jupare**

Por:
JAIME ARTURO RODAS VELASCO

T E S I S

Presentada Como Requisito Parcial Para

Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre del 2008**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Efectividad de biofertilizante sobre caracteres agronómicos y
rendimiento en trigo duro variedad Jupare

Por
JAIME ARTURO RODAS VELASCO

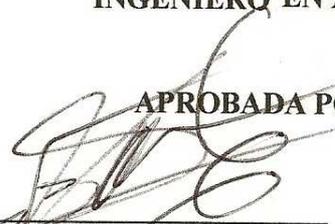
TESIS

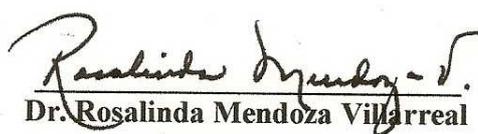
QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

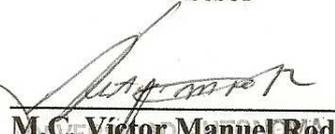
INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

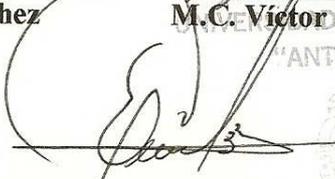
APROBADA POR EL COMITÉ ASESOR


Dr. Victor Manuel Zamora Villa
Asesor Principal


Dr. Rosalinda Mendoza Villarreal
Asesor


Biol. Sofia Comparán Sánchez
Asesor


M.C. Víctor Manuel Rodríguez Ramos
Asesor


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México,
Diciembre del 2008

División de Agronomía
Coordinación.

DEDICATORIA

A mis padres:

Abel Rodas Narcia

María Nery Velasco González

Por ser los seres más maravillosos que he conocido, por todos los esfuerzos realizados para que yo concluyera mi carrera profesional, porque siempre los he admirado y han sido siempre un ejemplo para mi, y por haber hecho de mi lo que soy.

A MIS HERMANOS:

María Guadalupe

Ana Isabel

Guadalupe del Carmen

Jorge Abel

Agustina

Por brindarme todo su apoyo en todo momento, por darme siempre buenos consejos y porque siempre estuvieron a mi lado cuando más los necesité y por ser mis mejores amigos.

A mis sobrinos

Diana Isabel, Adolfo Rafael, Andrea, Adalberto, Alondra, Vanesa Paola, Sujey y Ricardo Agustín por llenar mi vida de alegría y por que los quiero como si fueran mis hijos.

AGRADECIMIENTOS

A dios por darme vida para estar al lado de mis seres queridos y guiarme siempre por el buen camino.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal ya que sin la ayuda de ella no hubiera podido llevar a cabo este trabajo y por la confianza brindada durante todo este tiempo.

Al Dr. Víctor Manuel Zamora Villa por todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

A la bióloga Sofía Comparan Sánchez por su confianza y por su cooperación en la revisión de este trabajo.

A todos mis amigos, a todas aquellas personas que tuvieron algo que ver con la realización de este trabajo de tesis

Al Ing. Samuel González Hernández por toda la confianza y apoyo brindado en este trabajo.

A la familia rodas y a la familia Velasco por todos los consejos y el apoyo brindado durante toda mi carrera profesional.

A mis tíos Humberto rodas, Rosario rodas, Federico Rodas, Jovita López, Reinol Velasco y Eglaide Ramírez por todo el apoyo brindado en las diferentes etapas de mi carrera a nivel medio superior y a nivel superior.

A mis cuñados Adolfo Muños y Alonso Narcia por todos sus buenos consejos y el apoyo brindado durante todo este tiempo.

A mi primo el Ing. Huberto Sandoval Rodas por toda la confianza y el apoyo
brindado en todo momento de mi vida.

A mi Alma Terra Mater, mi Universidad que siempre me cobijó y medió la
oportunidad de estudiar una carrera profesional por eso y más gracias
UAAAN.

Al CP. Rodolfo Espinoza Barrientos y al CP. Jorge Mena Yitani directivos de
Molinos el Fénix quienes aprobaron el financiamiento para la investigación
en el Rancho Cerro de Agua fungiendo como responsable del proyecto (02-
03-0304-2201) la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal.

INDICE

INDICE DE CUADROS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
<i>Azospirillum</i>	4
Clasificación taxonómica y características de la bacteria.....	5
Distribución de la bacteria.....	6
Inoculación con <i>Azospirillum</i> en diferentes cultivos.....	6
Hormonas.....	7
Aúxinas.....	7
Giberelinas.....	8
Nutrientes esenciales para la planta.....	9
Nitrógeno.....	9
Fósforo.....	10
Potasio.....	10
Trigo.....	11
Clasificación botánica del trigo.....	12
Descripción de la variedad Jupare C2001.....	13
Efecto de <i>Azospirillum</i> en las características agronómicas.....	14
Altura de planta.....	14
Numero de granos por espiga (NGE).....	15
Peso de mil granos (PMG).....	16
Rendimiento.....	17
Proteína.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Descripción del área experimental.....	19
Material genético.....	19
Preparación del inoculo o biofertilizante.....	19
Preparación del terreno y tamaño de las parcelas.....	20
Densidad y método de siembra.....	20
Tratamientos.....	20
Fertilización química y biológica.....	21
Altura de planta.....	21
Numero de granos por espiga (NGE).....	21
Peso de mil granos (PMG).....	22
Rendimiento.....	22
Análisis bromatológico.....	22
Análisis de proteína.....	22
Diseño experimental.....	23

Análisis estadístico.....	23
Comparación de medias.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
Altura de planta.....	25
Variables Agronómicas.....	27
Proteína.....	30
CONCLUSIÓN.....	32
LITERATURA CITADA.....	33
APENDICE.....	40

INDICE DE CUADROS

3.1	Material genético.....	20
4.1	Resultados de análisis de varianza para Altura de Planta (cm) en trigo variedad Jupare, localidad Cerro de Agua.....	25
4.2	Resultados de comparación de pruebas de comparación de medias entre muestreos y tratamientos de altura de planta de trigo variedad jupare.....	26
4.3	Resultado de las pruebas de comparación de medios entre evaluaciones y entre tratamientos de Altura de Planta de trigo variedad Jupare.....	27
4.4	Cuadrados medios y significancia para las variables agronómicas en trigo variedad Jupare, localidad Cerro de agua.....	28
4.5	Resultado de las pruebas de comparación de medios (DMS) entre tratamientos de NGE, PMG, REND, de trigo variedad Jupare.....	29
4.6	Resultados de análisis de varianza para la variable Análisis de Proteína en trigo variedad Jupare, localidad Cerro de Agua.....	31
4.7	Resultado de las pruebas de cuadrados medios entre tratamientos de Análisis de Proteína de trigo variedad Jupare.....	31

RESUMEN

El cultivo de trigo en México es en la actualidad es de gran importancia sembrándose aproximadamente alrededor de 26.4 millones de hectáreas. El trigo duro a nivel comercial se utiliza para la elaboración de pastas, y su demanda en la población crece diariamente, por ello es necesario la disminución de insumos y el incremento del rendimiento y de sus componentes así como de la calidad del grano, la biofertilización con bacterias fijadoras de nitrógeno dentro de las cuales se encuentra el *Azospirillum* como una de las soluciones a este problema. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la inoculación con *Azospirillum* en el rendimiento y los caracteres agronómicos (altura de planta, peso de mil granos, número de granos por espiga) así como del contenido de proteínas en el grano en la variedad de trigo duro, Jupare C2001. El experimento se realizó en el rancho Cerro de Agua, San Rafael, Nuevo León, con tres tratamientos; una cepa nativa de *Azospirillum sp.* aislada de raíces de trigo en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a una concentración de 3×10^6 UFC ml⁻¹, un tratamiento químico (MAP) a una concentración de 175 kg ha⁻¹ y un testigo absoluto, realizándose 2 aplicaciones de formulado líquido durante el ciclo del cultivo. Los resultados en este experimento indicaron que la inoculación con esta bacteria no tuvo efecto significativo en la altura de la planta, teniendo una diferencia numérica en un promedio de 5.19% sobre el testigo en tres evaluaciones; en el peso de mil granos tampoco se registraron efectos de esta bacteria, en el número de granos por espiga se obtuvieron diferencias de 23.19% a favor de la biofertilización; para la variable rendimiento la fertilización biológica superó al testigo en un 27.5%; el contenido de proteína es favorable a la inoculación en un 12.8%.

Se concluye que la inoculación con *Azospirillum sp.* en el cultivo de trigo tiene efectos significativos en el contenido de proteína, lo que impacta en la alimentación de las personas que consumen pastas, en rendimiento incrementa la ganancia del productor además de disminuir la contaminación ambiental.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de trigo es originario de la región que comprende el Cáucaso, Turquía e Irak. El trigo y demás cereales ocupan el primer lugar en la superficie sembrada en México, los cuales consumen 57% de los fertilizantes nitrogenados, el 45 % de los fosfatados y el 10% de los potásicos, para lograr mejores rendimientos y comercialización del grano en la industria su principal destino.

En México se siembran aproximadamente alrededor de 26.4 millones de hectáreas de trigo representando el 14% de la superficie total de granos, y de la dieta alimenticia del pueblo mexicano, siendo el cereal mas cultivado en el mundo. Sin embargo, es necesaria la reducción de los fertilizantes químicos ya que representa más del 40% de los costos de producción para cubrir las necesidades de nutrientes en la planta y obtener una mejor producción. Actualmente, los agricultores están utilizando fertilizantes orgánicos como: estiércol y compostas, entre además de otros biofertilizantes para disminuir los costos de producción, como las rizobacterias, ya que poseen grandes ventajas, no contaminan al medio ambiente, ni afectan al suelo como los fertilizantes químicos, también se ha comprobado que tiene una acción benéfica sobre los caracteres agronómicos (altura de planta, numero de granos por espiga, peso de mil granos)

La biofertilización se logra a través de procariotas, simbioses y organismos de vida libre por medio de la inoculación a la semilla o raíz con bacterias fijadoras de nitrógeno, elemento esencial para la vida. Dichos microorganismos sintetizan la enzima nitrogenasa con la cual fijan el N_2 atmosférico. En el último grupo de microorganismos se destaca la bacteria del género *Azospirillum* sp (Monzon de Asconegui, 2003). Estos organismos penetran usualmente en las raíces de diversos cultivos asociándose con raíces de pastos, maíz, trigo y cebada ya que le proporcionan el nitrógeno disponible para el cultivo. La importancia de la acción de dicha bacteria es la de fijar N_2 atmosférico por medio de la enzima nitrogenasa degradándolo de tal manera que la planta lo asimile más fácilmente.

Objetivos

- Evaluar el efecto de la inoculación con *Azospirillum sp* sobre caracteres agronómicos en trigo duro.
- Determinar el efecto de la fertilización biológica en el rendimiento y contenido de proteína del grano.

Hipótesis

La inoculación con *Azospirillum sp* incrementará el crecimiento de la variedad Jupare C2001, además, elevará el rendimiento y proteína en grano en comparación con la fertilización química.

REVISIÓN DE LITERATURA

Azospirillum.

La fijación de nitrógeno atmosférico por medio de bacterias se ha incrementado enormemente en los últimos años, y dentro de estas bacterias que fijan el nitrógeno al suelo se encuentra Azospirillum que en 1925 fuera aislado y descrito por primera vez por Beijerinck (1925), en Holanda, teniendo que pasar alrededor de 50 años para que volviera a ser redescubierta en Brasil por Bulow y Dobereiner (1975); Day y Dobereiner (1976), ya que durante esos 50 años el primer autor permaneció ignorado.

La clasificación como género de *Azospirillum* fue hecha por Tarrand *et al.*, (1978) como substitución al antigua *Spirillum lipoferum* y su división en las especies *A. lipoferum*, *A. brasilense*, lo que consta en el manual de Bergey's (1984). En la actualidad son reconocidas seis especies en el género *Azospirillum*, siendo las primeros en describirse *A. lipoferum* y *A. brasilense*, siendo estas también las mas estudiadas. Posteriormente fueron descritas *A. amazonense*, *A. alopaeferans*, *A. irakense* y *A. largomobile* (Sly y Stackebrandt 1999), esta última es considerada como un sinónimo de la especie *A. lipoferum*

Se reportan diferentes medios de crecimiento para esta bacteria se han encontrado bacterias con características de *A.lipoferum* y *A. brasilense*, que crecen bien en cultivos mezclados con organismos celulolíticos y fijan N₂ con celulosa como única fuente vegetal de energía y carbono (Wona *et al.*, 1980), también crecen *en medio de agar* semisólido con cloruro de amonio (Nurt *et al.*, 1980). Se ha encontrado también en el aislamiento por siembra de *Azospirillum* sp. a partir de un trozo pequeño de raíz en medio semisólido (Álvarez, 1983).

CLACIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según el manual de Bergey's (1984) *Azospirillum* se clasifica de la siguiente manera:

Reino.....Procaryote
División.....Gracilicute
Clase.....Scotobacteria
Familia..... no existe
Genero.....*Azospirillum*
Especie.....*Lipoferum brasilense*

Características de la bacteria.

Tarrand *et al.* (1978), encontraron que las bacterias del género *Azospirillum* son ligeramente curvas, con 1µm de diámetro y longitud de 2.1-3.8µm. Presentan gránulos intercelulares de poli-β-hidroxibutirato, son Gram (-) o Gram variable. Móviles en medio líquido por un flagelo simple polar, en medio sólido a 30°C presentan numerosos flagelos laterales de corta longitud y fijan nitrógeno atmosférico. Se asocian con raíces de diferentes cultivos como: pastos, plantas tuberosas y cereales, y no forman nódulos en raíces.

Distribución

La distribución geográfica de *Azospirillum* es muy amplia y se encuentra casi en todo el mundo siendo las áreas tropicales donde se encuentra de forma más abundante como en África y Brasil. En Kenia y E.U.A. se encontró esta bacteria en pasto *Panicum maximum*, también lo encontraron en raíces de leguminosas en baja proporción, encontrándose en su gran proporción en raíces de cereales, en Rio de Janeiro. En cuanto al tipo de suelo según la distribución de esta, los suelos aluviales son los que más favorecen. (Dobereiner *et al.*, 1976). Este mismo autor publicó también que *Azospirillum lipoferum* se encuentra en más del 50% de los países tropicales y que se puede observar una ganancia de 30 a 40 kg de nitrógeno por hectárea debido a la fijación biológica en plantas inoculadas.

Inoculación con *Azospirillum* en diferentes cultivos.

La fijación biológica de nitrógeno es fundamental en los ecosistemas naturales y está realizada por un grupo hasta ahora limitado, dentro del cual se encuentran organismos de vida libre que poseen la enzima nitrogenasa por la cual median la introducción del N atmosférico. En este grupo de microorganismos se destaca la bacteria del género *Azospirillum*, organismos fijadores de nitrógeno. (Monzon de Asconegui, 2003). La práctica de la inoculación puede ser una metodología razonable de adoptar, con la finalidad de proveer al cultivo aportes del nitrógeno y otros estimuladores biológicos del crecimiento. (Iglesias *et al.*, 2001).

La presencia bacteriana aumenta la cantidad nitrógeno, fosforo y magnesio, así como la de azúcares en los tallos de trigo (Coyne, 2000).

La utilización de esta técnica de inoculación en semillas o foliar en diversos cultivos es en la actualidad muy extensa siendo utilizada en cultivos de cereales como: Maíz, Trigo, Sorgo y Cebada incrementando el rendimiento de estos hasta en un 26% dependiendo de la variedad de suelo y nivel de fertilizante, (Caballero-Mellado *et al.*, 2000).

Mendoza-Villareal *et al.* (2007) trabajaron con dos variedades de trigo cristalino inoculando la semilla a una concentración de 3×10^6 UFCml⁻¹ indicando un aumento en los caracteres agronómicos así como en el rendimiento en un 16.45%. Hernández (2007) trabajó con la misma técnica pero con semilla de coliflor utilizando la misma concentración (3×10^6 UFCml⁻¹) observando aumentos en el área foliar y en el peso fresco y seco.

Hormonas

Las hormonas vegetales son productos de las glándulas de secreción interna que regulan la mayor parte del proceso metabólico en las plantas. (Bidwell, 1993). Dentro del grupo de hormonas de importancia se encuentran dos que son:

Auxinas.

Es un grupo de compuestos que estimulan la elongación de las células, las auxinas son hormonas cuya acción fisiológica es sobre el mensaje genético contenido en ADN determinando que la planta sintetice proteínas y enzimas nuevas, cambiando así, su química y su fisiología.

Los síntomas que se ocasionan con la presencia de auxinas son; a) promover el alargamiento de las células a bajas dosis dando un excesivo crecimiento a los tallos que se alargan y se retuercen, dando crecimiento a las hojas malformadas, en cambio inhibe el crecimiento a dosis alta; b) incrementa la respiración y en general la actividad fisiológica a bajas dosis e inhibirla a altas dosis. (Gonzales, 1999) citado por Iglesias, (2002).

Por otro lado, la cantidad de ácido indol acético en los tallos de trigo y en la rizósfera también se ven beneficiados.

Bayan y Levanony, (1990); Okon y Labandera-Gonzalez, (1994), encontraron que con la aplicación de *Azospirillum brasiliense* es estimula la producción y liberación de hormonas promotoras del crecimiento como auxinas, giberelinas.

Los efectos secundarios que producen las auxinas son muchos, existen varias auxinas naturales, siendo la principal el ácido indolacético y otras incluyendo las de acción herbicidas. Las funciones de las auxinas son las siguientes:

Dominancia apical, estimula el desarrollo de las frutos, estimula la formación de raíces adventicias, aumenta el crecimiento de los tallos y promueve el crecimiento y diferenciación celular, y por lo tanto el crecimiento en la longitud de la planta.

Giberelinas

Las giberelinas son fitohormonas que fueron al principio aisladas del hongo *Fujikuroi*, pero hoy se sabe que forma parte del equipo regulador del desarrollo de las plantas superiores. La característica de esta es el alargamiento excesivo de los entrenudos y la acción principal de las giberelinas es promover el alargamiento.

También toman parte en la floración y encañe que las precede en las plantas con hábito de roseta, también en ciertas fases de germinación de la semilla, en el rompimiento del letargo y en varios efectos formativos (Bidwell, 1993).

El efecto de las giberelinas son de diversa índole, dos son los más típicos: uno es inducir la producción de la amilasa, la cuál degrada al almidón produciendo glucosa que al oxidarse libera la energía necesaria para el proceso metabólico celular, además de inducir el crecimiento normal de plantas genéticamente enanas.

Nutrientes esenciales para la planta.

Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento más importante en el crecimiento de las plantas, alimenta a los microorganismos del suelo, pues favorece la descomposición de la materia orgánica fresca. Es constituyente de la proteína de la planta, la clorofila, forma parte de los ácidos nucleicos (Lesur, 2006).

El nitrógeno es absorbido por las plantas principalmente en forma de iones nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). Las plantas utilizan estas formas del nitrógeno en sus procesos del crecimiento. Casi todo el nitrógeno que absorben las plantas existe en forma de nitrato, es utilizado por las plantas para sintetizar aminoácidos, que a su vez forman proteínas. El nitrógeno atmosférico es la fuente primaria de todo el nitrógeno que utilizan las plantas y abarca casi el 78% de la atmosfera del planeta.

El nitrógeno se puede presentar en diferentes formas como Amoniacó anhídrido, agua amoniacal, nitrato de amonio, sulfato de amonio, nitrato de calcio, nitrato de sodio y urea (Etchevers, 2004). En los fertilizantes el nitrógeno inorgánico puede presentarse en tres formas: Nitratos que proporcionan iones NO_3^- , sales de amonio que aportan iones NH_4^+ , amidas simples, que no son sales ionizables, pero que contienen nitrógeno en la forma $-\text{NH}_2$ (amida) o formas derivadas de ese grupo (Cooke, 1992).

Fósforo

El fósforo es el segundo nutriente en importancia para la planta, después del nitrógeno, pues el núcleo de cada célula contiene fósforo, de tal manera que la división de las células y su crecimiento dependen de este elemento. La fertilización con fósforo promueve la formación y el crecimiento temprano de las raíces, estimula la floración, acelera la madurez y contribuye a la formación de la semilla además que ayuda a resistir las bajas temperaturas del invierno (Lesur, 2006).

El fósforo es absorbido por las plantas en forma de H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} o PO_4^{3-} , dependiendo del PH del suelo. Los trabajos realizados por varios investigadores han demostrado que las plantas absorben una mayor cantidad de fósforo cuando se añade nitrógeno a los fertilizantes fosfatados. El fósforo existe en todas las células vivas, las plantas lo utilizan para sintetizar ácidos nucleicos (ADN y ARN). Se utiliza también para almacenar y transferir energía a partir de enlaces ricos en energía (ATP y ADP) (Etchevers, 2004).

Potasio

El tercero de los macro nutrientes, el potasio ayuda a mantener la permeabilidad de las células; es esencial en la formación de almidones, azúcares y aceites; estimula el desarrollo de las raíces y tubérculos; aumenta el vigor de las plantas y su resistencia al acame, al frío y sobre todo a las enfermedades.

Desempeña un papel importante en el movimiento del agua dentro de la planta e influye en el color y solides de la fruta, el uso correcto de este nutriente incrementa el rendimiento de fruta, el tamaño, color y sabor y conservación, mientras que el exceso provoca una deficiencia de magnesio, cuando mayor sea la reserva de potasio mayor será la de magnesio. (Lesur, 2006).

El potasio es absorbido por las plantas en la forma de iones potasio (K^+). No se sintetiza en compuestos, como ocurre con el nitrógeno y el fósforo, si no que tiende a permanecer en forma iónica en las células y tejidos. El potasio es esencial para la translocación de azúcares y la formación de almidón. Las células guardianes lo requieren para llevar a cabo la apertura y el cierre de los estomas, Mejora el tamaño y la calidad de los frutos y hortalizas y aumenta la resistencia de las plantas al frío. Casi del 90 al 98% del potasio existe en los minerales primarios y no puede ser utilizado por las plantas. (Etchevers, 2004).

Trigo

Originario de la región que comprende el Cáucaso, Turquía e Irak, se ha cultivado en una gran diversidad de suelos en todo el mundo encontrando que su mejor adaptación es en suelos de tipo limosos y franco arcillosos considerando que estos suelos estén bien drenados (Robles, 1990).

Dentro de las variedades de trigo que existen, el trigo duro o cristalino se encuentra como la segunda especie de importancia en el mundo siendo su principal uso la elaboración de macarrón y pastas. (Hanson *et al.*, 1982).

Aykroya y Doughty (1978) mencionan que el valor nutritivo del trigo es de gran importancia siendo las proteínas las que mayor valor nutritivo dan al trigo ya que tiene la característica de estar compuesta de aminoácidos, también mencionan que el gluten del trigo están compuestas por gluteína y gladina, que ambas constituyen entre el 40 y 45%, respectivamente, de la totalidad de las proteínas del trigo. El valor nutricional del trigo entero según estudios contiene, 337 Kilocalorías siendo superior a algunas leguminosas como el frijol pero debajo de algunos granos como el Maíz y Arroz. (Boletín de abasto y comercio, 1994).

El contenido de vitaminas, minerales, proteínas, aminoácidos y azúcares depende la calidad del trigo; así, como también el uso incorrecto de fertilizantes puede ser perjudicial para el rendimiento del cultivo, ya que el uso excesivo de nitrógeno puede reducir el contenido de fósforo en las hojas y en el grano, también pueden afectar el contenido vitamínico (Montiramani y Tamhane, 1964).

La clasificación botánica del trigo de acuerdo con Flores (1994) es la siguiente:

Categoría	Clasificación
Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Glumifloae
Familia	Gramineae
Tribu	Triticeae
Sub-tribu	Triticinae
Genero	Triticum
Especie	aestivum

Descripción de la variedad Jupare C2001

Jupare C2001 es una variedad de trigo duro o cristalino (*Triticum durum* L.) de habito de crecimiento primaveral, que se originó de la selección en poblaciones segregantes del cruzamiento STOL/ALTAR C84/ALONDRA, llevado a cabo por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en el Campo Experimental Valle del Yaqui, Sonora. Su número de cruzamiento e historia de selección, CD91Y636-1Y-040M-030Y-1M-0Y-0B-1Y-0B. Para fines de certificación de semillas, JUPARE C2001 cuenta

con el registro 1486-TRI-043-120202/C del catalogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC).

En general JUPARE C2001 tiende a ser más tardío que el testigo ALTAR C84. Dependiendo de la fecha de siembra y el manejo del cultivo, el espigamiento y la madurez fisiológica del grano de JUPARE C2001 pueden ocurrir en un intervalo entre los 77 y 91 días, y los 116 y 139 días después de la siembra, respectivamente. La planta presenta una estacionalidad primaveral con tallo clasificado como alto, variable entre los 85 y 100 cm. El hábito de crecimiento de los tallos es erecto y presenta muy baja frecuencia o casi ausencia del número de hojas banderas curvadas. Al madurar los tallos son de color blanco, con medula mediana en sección transversal entre la base de la espiga y el nudo de la hoja bandera.

La espiga tiene bordes paralelos; densidad y longitud medianas, sin incluir los aristas o barbas que, comparada con la espiga, son más largas. En el tercio medio de la espiga la forma de la gluma inferior es ovalada y carece de pubescencia en la superficie externa; Las barbas presentan una coloración entre blanco y ligeramente café. El grano es color ámbar que al ser tratado con fenol no adquiere coloración alguna. Al germinar el grano, el coleoptilo adquiere una fuerte coloración antocianina. Tiene un rendimiento de hasta 7.3 ton/ha. (Camacho *et al.*, 2002)

Efecto de *Azospirillum* en caracteres Agronómicos

Altura de planta.

La respuesta positiva del trigo (*Triticum aestivum* L.) a la inoculación con bacterias benéficas de raíz (BBR), como: *Azospirillum* se basa en que estas BBR transforman los exudados radicales (ER) del trigo en sustancias

promotoras del crecimiento vegetal (SPCV), como: auxina, citocinina, etc. (Reis *et al.*, 2000).

Existe evidencia en la literatura que apoya que las BBR inoculadas en trigo, así como en arroz, avena, maíz, sorgo y otras gramíneas (Dos Reis *et al.*, 2000).

Los trabajos realizados sobre altura de planta inoculados con *Azospirillum* en trigo han arrojado resultados interesantes como el de Iglesias *et al.*, (2004), quienes trabajaron con esta bacteria a una concentración de $1,2 \times 10^8$ UFC mL⁻¹ en una dosis de 1 L x 100 Kg⁻¹ observando efectos marcados en altura de la planta de un 15% sobre el control. Cracogna *et al.*, (2003) comentan en su trabajo haber obtenido resultados no satisfactorios en la inoculación con *Azospirillum* ya que no se observaron diferencias entre el tratamiento biológico y el testigo. Garcia-Gonzalez *et al.*, (2004) evaluaron la altura de la planta a los 30 días después de nacido el cultivo encontrando una diferencia de 5cm entre el inoculado y el control. En cultivos como el algodón se reportan resultados que incrementa la altura en un 5%.

Numero de granos por espiga

La inoculación con *Azospirillum brasilense* produce incrementos en el NGE en cultivos de cereales como el trigo de acuerdo a resultados de Díaz-Zorita *et al.*, (2002), en el experimento realizado por estos autores se encontraron aumentos en NGE de 2.5% utilizando una concentración 1×10^8 UFC/ml 1 litro cada 100 kg. La práctica de este cultivo bajo invernadero e inoculado con *Azospirillum*, también se han registrado aumentos en NGE según datos de Mendoza-Villarreal *et al.*, (2007) quienes observaron un aumento de

24.87% sobre el testigo sin inocular utilizando una concentración de 3×10^6 UFC ml⁻¹ por el método de dilución.

Bolletta *et al.*, (2002) publicaron en su trabajo efectos no significativos a la fertilización biológica ya que ésta se comportó igual que el testigo con $p > 0.40$ y Cracogna *et al.*, (2003) analizaron la utilización de *Azospirillum* y bacterias solubilizadoras de fósforo en el cultivo de trigo, obteniendo en promedio 25 granos por espiga tanto para el tratamiento biológico como para el testigo.

Peso de mil granos

En el peso del grano en los cultivos inoculados con *Azospirillum brasilense* se han obtenido resultados favorables para esta bacteria. Fallik (1999) con inoculantes biológicos (*Azospirillum brasilense* 1×10^9 UFC / ml de producto) en cultivos de trigo. Esta evaluación demostró que la fertilización biológica obtuvo un peso de hasta un 19% por arriba del testigo. También realizó el experimento en maíz encontrando aumentos en un 33%. Por su parte Cracogna *et al.*, (2003) observaron leves aumentos para el peso de mil granos en un 2%, quien coincide con Díaz-Zorita *et al.*, (2002) que también observaron un porcentaje muy bajo (1.7%) a favor de la inoculación.

La utilización de fertilizantes químicos en conjunto con *Azospirillum* también arrojaron buenos resultados según Iglesias *et al.*, (2004), quienes en su ensayo en el cultivo de trigo encontraron una diferencia entre lo inoculado y el testigo de un 28% y entre el químico y el testigo 20%; en contraste Bolletta *et al.*, (2002) no encontraron diferencias entre el inoculante y el testigo observando que ambos tratamientos se comportaron de la misma manera. En cultivos comerciales como girasol, *Azospirillum* Az 39 INTA

(inoculante comercial) hubo una diferencia significativa de 22% a favor de la inoculación (Iglesias *et al.*, 2002).

Rendimiento

Se ha encontrado que la inoculación con *Azospirillum brasiliense* produce incremento en el rendimiento de acuerdo a resultados de Bolletta *et al.*, (2002), quienes reportaron que *Azospirillum brasiliense* aumentó el rendimiento en un 15%. Díaz-Zorita *et al.*, (2002), estudio esta bacteria induciendo aumentos equivalentes a un 6.5% sobre el control sin inoculación. Bono *et al.*, (2001) en su trabajo observaron una mejora en el rendimiento en las parcelas inoculadas con *Azospirillum*. Ferraris y Couretot (2004), encontraron que en un ciclo largo hubo aumentos de 5.5% y 4.8% en un ciclo corto.

La inoculación con *Azospirillum* en cultivos de maíz, trigo, cebada y sorgo también ha incrementado el rendimiento en un 26 % aunque los resultados dependen de la variedad, cultivo, tipo de suelo y nivel de fertilizante (Caballero-Mellado *et al.*, 2000). Dobbelaere *et al.*, (2001), reafirman que la inoculación con *Azospirillum brasilense* una de las mas estudiadas, se han reportado incrementos significativos en el rendimiento de plantas con importancia agrícola, como lo es el trigo y el sorgo, de este último Mendoza *et al.*, (2004) observó aumentos entre 5% y 23% en el norte de Tamaulipas. En nuestro país, trabajos pioneros informaron incrementos de rendimiento de entre 13 y 33 %. (Rodríguez-Cáceres *et al.*, 1994). Mendoza-Villarreal *et al.*, (2007) reportan resultados donde existe un incremento de hasta 16.44%. Díaz y Ortegón (2006) reportan que en el cultivo de canola (*Brassica napus L*) la inoculación de esta bacteria no tuvo respuesta.

En México específicamente en Tamaulipas se observaron incrementos en grano de sorgo de 23%, también inocularon semilla de Canola (*Brassica napus L*) no encontrando respuesta por parte de la bacteria (Mendoza *et al.*, 2004).

Se ha probado también en cultivos comerciales como el girasol, obteniendo respuestas muy favorables hacia este cultivo (Iglesias *et al.*, 2002). En el cultivo de Soya se han incrementado los rendimientos con esta técnica (Marko e Iglesias, 2003), mientras que en el cultivo de algodón ha favorecido en un 5% la altura de la planta (Iglesias *et al.*, 2004).

Proteína.

Bolletta *et al.*, (2002) realizaron un trabajo al sur de la provincia de Buenos Aires sobre la inoculación de *Azospirillum brasiliense*. Los tratamientos fueron un inoculante comercial (CRINIGAN), *Azospirillum brasiliense* (inoculante en húmedo, 1 litro 100 kg de semilla⁻¹), nitrógeno líquido y el testigo sin inocular. Se evaluó el contenido de proteína en grano donde la fertilización biológica no mostró efectos ni tendencias sobre esta variable, siendo relativamente elevado para la fertilización nitrogenada en un 9%. Caballero *et al.*, (2004), realizaron cuatro experimentos de campo en diez variedades de trigo de invierno y habitó alternativo para evaluar la producción y el porcentaje de proteína de grano obteniendo un % de proteína de 9.6%.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área experimental

El presente trabajo se realizó en dos partes la primera en campo en el Rancho Cerro de Agua localizado en el Municipio de Galeana Nuevo León cuyo propietario es el Sr. Francisco Javier Chapa Góngora, durante el ciclo otoño- primavera del 2007. La segunda etapa en el laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México, ubicada a los 25° 22" de latitud Norte y 110° 00" de latitud Oeste con una altitud de 1792 msnm.

Material genético

Se utilizó un genotipo correspondiente a la nueva variedad de trigo cristalino para el noreste de México, la variedad JUPARE C2001 proporcionado por Harinera la Perla (Molinos el Fénix, de Saltillo Coahuila).

Preparación del inóculo o biofertilizante

La bacteria fue aislada en el laboratorio de investigación perteneciente al Departamento de Ciencias Básicas de la UAAAN, bajo los siguientes pasos: La cepa de *Azospirillum* sp. se aisló de raíces de trigo harinero en Buenavista, Coahuila, reproducidas en medio NFb y agar rojo congo a 28° C. después fue incrementada en un medio líquido con un sustrato orgánico, a 28°C y finalmente se determinó la concentración en unidades formadoras de colonias (UFC mililitro⁻¹), por el método de dilución y la concentración resultante fue de 3×10^9 lo que corresponde a 3, 000, 000 000 de UFC mililitro

-1

Preparación del terreno y tamaño de la parcelas.

Se realizaron las labores culturales de la región que consistieron en un barbecho para aflojar la tierra y ayudar un poco a la humedad del suelo, se niveló el terreno, luego se pasó la rastra, surcado a 0.3 m entre surco, para que posteriormente se establecieron las parcelas experimentales.

El tamaño de las parcelas para el experimento consistió de 10,000 metros cuadrados para cada tratamiento, siendo en total tres hectáreas las utilizadas en este experimento.

Densidad y método de siembra

La siembra de trigo de la variedad Jupare se realizó el 1 de febrero 2007, a chorrillo, con una densidad de siembra de 170 kg ha⁻¹.

Tratamientos

Los tratamientos quedaron definidos tal y como se aprecia en el Cuadro 1. Utilizando un testigo absoluto, semilla inoculada con la bacteria *Azospirillum sp*, y fertilización química comercial con MAP.

Cuadro 1 Tratamientos establecidos en el Rancho Cerro de Agua Galeana Nuevo León., durante el ciclo otoño-primavera 2007.

Numero de Tratamiento	Descripción
1	Inoculante <i>Azospirillum sp</i>
2	Testigo absoluto.
3	Fertilizante comercial (MAP)

Fertilización química.

El fertilizante químico se aplicó en forma manual en una dosis de 350 kg ha^{-1} en total, se realizaron dos aplicaciones de fertilizante, una cuando el cultivo tenía 10 a 15 cm de altura a una dosis de 175 kg ha^{-1} y la siguiente cuando el cultivo estaba en etapa de espigamiento con la misma dosis (175 kg ha^{-1}).

Fertilización biológica

Se realizaron dos inoculaciones durante el ciclo. Se aplicaron 10 litros de formulado líquido los cuales fueron diluidos en 250 litros de agua, asperjándose el producto con una bomba ajustada a un tractor. Esta aplicación se realizó cuando la planta tenía unos 5 cm de altura, una segunda fertilización se realizó cuando el cultivo estaba en etapa de espigamiento a la misma dosis.

Altura de planta

Se realizaron tres muestreos después de la siembra, la primera medición se realizó a los 30 días, después de la primera aplicación de biofertilizante, Se realizaron dos evaluaciones mas con intervalos de 30 días entre evaluaciones, la altura de planta se midió desde la base del suelo hasta donde termina el tallo, midiendo 9 plantas por tratamiento en cada una de las evaluaciones.

Numero de granos por espiga

Esta variable se obtuvo al contar 3 espigas por planta al azar por cada muestreo, realizándose 3 muestreos por cada tratamiento.

Peso de mil granos

Es un tipo de determinación física en la que el peso de 1000 granos nos da conocer la calidad del grano. Para su obtención se contaron 1000 semillas por cada 3 costales obtenidos en cada tratamiento de las parcelas experimentales, luego se pesaron en una balanza analítica para obtener el resultado en gramos.

Rendimiento

Se cosechó y luego se prosiguió con la trilla, pesándose con una humedad aproximada de 13% registrando el peso en gramos, para después convertir estos resultados a toneladas por hectárea.

Análisis bromatológico

El grano cosechado se molió en un molino Willey y se realizaron las determinaciones de humedad, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda y proteína. La humedad y ceniza se determinó por el método gravimétrico, el extracto etéreo por método de Soxhlet, la fibra cruda por el método de Weende, y la proteína por el método de Kjeldhal (AOAC, 1980).

Análisis de proteína

Las proteínas contienen aminoácidos y el elemento básico es el nitrógeno, los métodos de cuantificación de proteínas se fundamenta en la determinación de nitrógeno que está en forma de proteína.

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman a sulfato de amonio por medio de la digestión con ácido sulfúrico en ebullición, el residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio.

El amonio presente se atrapa en ácido bórico y se titula con una solución de ácido sulfúrico estandarizado, para cuantificar el nitrógeno del grano que multiplicado por el factor de de 5.85 se convierte a proteína.

Diseño experimental

Se establecieron parcelas de una hectárea para cada uno de los tratamientos, muestreando dentro del área en al menos 3 ocasiones.

Análisis estadístico

La variable altura de planta se analizó como completamente al azar en cada muestreo y como parcelas divididas para la información conjunta. El contenido de proteína y características agronómicas se analizaron bajo un diseño completamente al azar. Todos los análisis de varianza se realizaron mediante el paquete estadístico SAS versión 6.0 con el siguiente modelo estadístico.

Completamente al azar.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos) $j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

Y_{ij} = Respuesta obtenida en la j-ésimo repetición del i-ésimo tratamiento.

μ = Efecto medio general.

T_i = Efecto atribuido al i-ésimo tratamiento.

e_{ij} = Termino de error aleatorio. Donde los e_{ij} tienen una Distribución Normal e independientes con media 0 y varianza σ^2 .

Parcelas divididas.

$$Y_{ijk} = \mu + T_j + \varepsilon_{ij} + S_k + (TS)_{jk} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = Respuesta obtenida para el j-ésimo tratamiento y el k-ésimo subtratamiento ubicado en el i-ésimo bloque.

μ = Efecto medio general.

T_j = Efecto del j-ésimo muestreo.

ε_{ij} = Error aleatorio en la parcela grande.

S_k = Efecto del k-ésimo tratamiento.

$(TS)_{jk}$ Efecto de la interacción entre el j-ésimo muestreo y el k-ésimo tratamiento.

e_{ijk} = Error experimental.

Comparación de medias

Se utilizó la prueba de comparación de medias para las variables utilizando la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) la cual se calcula mediante:

$$DMS = [t_{a/2} (GLE_{rr})] \sqrt{\frac{2 (CME)}{r}}$$

$T_{a/2} (GLE_{rr})$ = cuantil t de student con un nivel de significancia $a/2$ y con los grados de libertad del error.

CME = Cuadrado medio del error en el análisis de varianza.

r = Numero de repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

ANVA (Análisis de Varianza) reportó que los muestreos fueron diferentes ($P \leq 0.01$) con respecto al tiempo, no habiendo diferencias significativas entre tratamientos, ni entre tratamientos por muestreo lo que indica que estadísticamente fueron iguales (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Resultados de análisis de varianza para Altura de Planta (cm) en trigo variedad Jupare, localidad Cerro de Agua.

FV	GL	CM	F
Muestreos	2	8166.57	353.80**
Muestreo * Rep	6	25.53	1.11 NS
Tratamiento	2	36.38	1.58 NS
Trat * Muestreo	4	5.03	0.22 NS
Error	12	23.08	
CV. 7.81 %			

** Altamente significativo ($P \leq 0.01$), Ns No significativo

Los resultados de comparación de medias entre muestreos arrojó que el muestreo 3 fue donde se obtuvo la mayor altura de la planta, seguido por el muestreo 2 y por último el muestreo 1. La diferencia entre el muestreo 1 y el muestreo 3 es de 67.58% y entre el muestreo 2 y el 3 13.33%.

Cuadro 4.2. Resultado de las pruebas de comparación de medias entre muestreos y entre tratamientos de Altura de Planta de trigo variedad Jupare.

	Media	Agrupamiento	
Muestreo 3	84.14	A	
Muestreo 2	72.92	B	
Muestreo 1	27.27	C	
Trat 3	63.15	A	
Trat 1	61.95	A	
Trat 2	59.23	A	

Se realizó la prueba de comparación de medias (DMS) para la variable altura de planta (Cuadro 4.3) en donde estadísticamente no se observaron diferencias significativas, sin embargo, numéricamente se observa que en la primera evaluación el tratamiento 3 (químico), fué el mejor seguido por el tratamiento 1 (biológico) y en tercer lugar el tratamiento 2 (testigo). La diferencia en cm entre el t3 y el testigo fue de 3.43cm, que corresponde a 11.81% más de crecimiento del t3 sobre el testigo. El t1 obtiene 1.62cm de altura más que el testigo (t2), esto nos indica que el t1 creció un 5.95% más que el t2. En la segunda evaluación el t3 (químico) de nuevo fue el que dió mejor respuesta con una diferencia de 5.60% mas de altura que el t2 (testigo). El t1 (biológico) también superó al testigo en un 3.46%, observándose que en esta evaluación se reduce la diferencia de altura entre tratamientos.

En la tercera evaluación se observa un cambio en el crecimiento, el mejor tratamiento fue el t1, seguido del t3 ambos superando al testigo, el primero con 5cm de diferencia que corresponde a 6.17 % más de crecimiento sobre el t2 y el segundo con 4.11 cm de diferencia correspondiente a 4.82%.

Cuadro 4.3. Resultado de las pruebas de comparación de medios entre evaluaciones y entre tratamientos de Altura de Planta de trigo variedad Jupare.

Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
Tratamiento	Medio	Tratamiento	Media	Tratamiento	Media
3	29.02 A	3	75.33 A	1	86.33 A
1	27.21 A	1	73.33 A	3	85.11 A
2	25.59 A	2	71.11 A	2	81.00 A

DMS \leq 0.05

Este comportamiento entre los tratamientos se atribuye a la capacidad de la bacteria de promover el crecimiento cuando es inoculada especialmente en gramíneas (Bellone y Carrizo de Bellone,. 2001) y Salomone y Nelson (2001) comprobaron efectos benéficos directos sobre el crecimiento vegetal de las rizobacterias promotoras del crecimiento. Iglesias *et al.* (2001) sostienen que la inoculación con *Azospirillum* puede modificar parámetros del crecimiento vegetal asociados o no con el rendimiento del cultivo de trigo. Este mismo autor reporta un incremento del 15% en altura de planta al inocular con *Azospirillum sp.* Se recomienda realizar mayor cantidad de muestreos para detectar la etapa fenológica en la que tiene mayor efecto el biofertilizante.

Variables Agronómicas

En el Cuadro 4.4 se muestran los resultados del análisis de varianza para las variables número de granos por espiga, peso de mil granos y rendimiento por hectárea.

Donde el número de granos por espiga estadísticamente fué significativo, mientras que para el peso de mil granos no hubo significancia, en cuanto al rendimiento se registraron diferencias significativas entre los tratamientos. Los coeficientes de variación fueron bajos con valores de 8.7, 3.2 y 10.2.

Cuadro 4.4. Cuadrados medios y significancia para las variables agronómicas en trigo variedad Jupare, localidad Cerro de agua

FV	GL	NGE	PMG	REND
		CM	CM	CM
Tratamiento	2	109.71*	6.63NS	3.50*
Error	6	16.14	2.17	0.47
CV	8.70		3.23	10.21

NGE.- Número de Granos por Espiga, PMG.- Peso de Mil Granos, REND.- Rendimiento
*Significativo ($P \leq 0.05$) Ns.- No significativo.

En el Cuadro 4.5 se muestran los resultados de la comparación de medias entre tratamientos para NGE (numero de granos por espiga), PMG (peso de mil granos) y REND (rendimiento). Donde se observa que para la variable NGE el mejor tratamiento fué el tratamiento 1 (biológico) obteniendo con respecto al testigo (t_2), una diferencia de 23.19%. El tratamiento 3 (químico) también superó al testigo en un 15.8%. Los resultados encontrados para esta variable coinciden con las observaciones de diversos estudios en relación a los efectos de la inoculación con *Azospirillum sp* describiendo mejoras en las etapas de definición del numero de granos en respuesta a un ambiente de crecimiento vegetativo favorable (Okon y Labandera-Gonzalez, 1994).

Cuadro 4.5. Resultado de las pruebas de comparación de medios (DMS) entre tratamientos de NGE, PMG, REND, de trigo variedad Jupare.

NGE		PMG		REND	
Tratamiento	Media	Tratamiento	Media	Tratamiento	Media
1	51.64 A	3	46.54 A	1	7.67 A
3	47.13 AB	1	46.45 A	3	7.03 A
2	39.66 B	2	43.92 A	2	5.56 B

Díaz-Zorita *et al.*, (2002) indican que mejores condiciones de crecimiento inicial en el cultivo conducen en promedio a una mayor producción de espigas y fundamentalmente aumentos en el número de granos. Estos autores reportaron en su trabajo un incremento de 3%.

Mientras que Mendoza-Villarreal *et al.*, (2007) en su trabajo realizado bajo invernadero con variedades de trigo duro observo incrementos de hasta un 24.8%, en cultivos como maíz se reportan incrementos por inoculación de *Azospirillum* de 17%. (Fallik 1996).

Para la variable PMG, no hubo diferencia estadísticamente significativa, observándose únicamente una tendencia mayor para el tratamiento 1 (biológico) y el tratamiento 3 (químico) ambos superando al testigo en un 5.6%. Rodríguez Cáceres *et al* (1994) mostraron que la respuesta a la inoculación varía en función del grado de fertilidad y la disponibilidad de agua de los suelos, Cracogna (2003), reporta mínimos incrementos en la medición de esta variable con apenas un incremento de 2%. Por su parte Díaz-Zorita (2002) *et al.*, reportaron un incremento de 1.7% de *Azospirillum* sobre el testigo.

En los resultados de comparación de las medias para la variable rendimiento se observó que el mejor tratamiento fue el 1 (biológico), con una media de 7.67 ton/ha, mientras que el testigo tuvo una media de 5.56 ton/ha, habiendo una diferencia de 2.11 ton/ha, lo que correspondería a un 27.5 % más de rendimiento que el testigo. El tratamiento químico (t3) también superó al testigo en un 20.9%, estando por debajo del tratamiento 1 en un 8.3%, estos resultados son similares a los reportados por Bolletta *et al.*- (2002), quien observó incrementos de un 15%. La inoculación con *Azospirillum* en cultivos de maíz, trigo, cebada y sorgo también ha incrementado el rendimiento en un 26 % aunque los resultados dependen de la variedad, cultivo, tipo de suelo y nivel de fertilizante (Caballero-Mellado *et al.*, 2000). Dobbelaere *et al.*, (2001), reafirma que la inoculación con *Azospirillum brasilense* una de las más estudiadas, se han reportado incrementos significativos en el rendimiento de plantas con importancia agrícola, como lo es el trigo y el sorgo.

Así mismo se puede mencionar que la respuesta de esta bacteria en el peso de mil granos y en el rendimiento es de gran importancia ya que con esto se pueden reducir los costos de producción, además de que no contaminan y ayudan en el desarrollo de la planta.

Se realizó el ANVA en el grano de trigo después de la cosecha y no se detectaron diferencias en el contenido de ceniza, extracto etéreo, fibra cruda, solo se detectó diferencia en el contenido de proteína (Cuadro A.1).

Proteína

En el cuadro 4.6 se muestran los resultados del Análisis de Varianza, para el contenido de proteína, registrándose una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre tratamientos, las muestras dentro de tratamientos no produjeron diferencias estadísticamente significativas.

El coeficiente de variación fue bajo, con un valor de 3.44 indicando la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Cuadro 4.6. Resultados de análisis de varianza para la variable contenido de Proteína en trigo variedad Jupare, localidad Cerro de Agua.

FV	GL	CM	F
Tratamiento	2	6.17	33.67**
Muestra (trat)	6	0.06	37NS
Error	18	0.18	
CV	3.44		

** Altamente significativo Ns. No significativo

La prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) (Cuadro 4.7) mostró que el tratamiento 3 (Químico), seguido por el tratamiento 1 (biológico) superaron ambos al tratamiento 2 (Testigo). El tratamiento biológico supero al testigo en un 12.8% en contenido de proteína, mientras que el tratamiento químico superó al testigo en un 6.3%. Estos resultados difieren con los reportados por Bolletta *et al.*, (2002), quienes no encontraron diferencia significativa con la inoculación con *Azospirillum sp.* pero observando una leve respuesta hacia el tratamiento químico de un 9%. Cabe mencionar que esta bacteria no contamina el cultivo y además no afectan al suelo y ayudan al asimilamiento de nutrientes a la planta que se refleja al final en mejor calidad de grano.

4.7. Resultado de las pruebas de medias entre tratamientos de contenido Cuadro de Proteína de trigo variedad Jupare

Tratamiento	Media	Agrupamiento
1	12.43	B
2	11.61	C
3	13.27	A

CONCLUSIÓN

La biofertilización con *Azospirillum* sp incrementó el número de granos por espiga y rendimiento de la variedad Jupare lo que favorece al productor al disminuir el gasto de fertilizantes, no contaminar el ambiente y obtener mayor ganancia en la producción de grano. También incrementó el contenido de proteína en el grano lo que implica una ganancia adicional para el productor por la venta del grano de trigo y un impacto en el valor nutritivo del producto final.

LITERATURA CITADA

Álvarez, R. 1983. Presencia de *Azospirillum lipoferum* y *Azospirillum brasilense* en la rizosfera de algunas plantas cultivadas y silvestres. Rev. Facultad de Agronomía. 4(3): 271 – 276. UNAM. México.

Aykroya W. R. ; J Doughty. 1978. El trigo en la alimentación humana. 2ª reimpresión, pp. 30 – 32. FAO Italia.

Association of Official Analytical Chemists. Methods of Analysis. William Horwitz. Thirteenth Edition. 1980. Washington. DC. Pp. 168-172.

Bayan, Y and Levanony, H. 1990. Interactions of *Azospirillum* spp in soils: a review. Biol Fertil Soils. 29:246-256.

Beijerinck, M. W. 1925. Ueber die *Spirillum* Welches frein stickstoff binden kan zen tralbl. Bakteriol Parasitenkd Infektionskr. (63) : 353 – 359. Rusia.

Bergey' s, Manual 1984, Bacteriologia Sistemática. E. d. I. vol I, seccion 2. pp. 527 – 529. U. S. A.

Bellone C H; Carrizo de Bellone S. 2001. *Azospirillum brasilense* induce la producción de jasmonatos en raíces de caña de azúcar. III Reunión Nacional Científico Técnica de biología del Suelo- Fijación biológica del Nitrógeno. Universidad Nacional de Salta, facultad de Ciencias Naturales.. Actas y CD ROM.

Bidwell R.G.S. 1993. Fisiología vegetal. Segunda impresión. Ed. A.G.T. Editor, México, D.F.

Bolletta, A., Venanzi. S., Kruger H. 2002. Respuesta del cultivo de Trigo a la Inoculación con Biofertilizantes en el sur de la provincia de Buenos Aires. Desarrolló Rural INTA EEA pergamino. Volumen 1439, pagina 1033.

Bono A. P, F. J. Funaro, D. Quiroga, A. 2001. Rendimiento de trigo y respuesta a la fertilización en la región semiárida y subúmeda pampeana. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 20. Reunión de Suelos de la Región Andina. 1. 2006 09 19-22, 19 al 22 de setiembre de 2006.

Boletín de Abasto y Comercio. 1994. Trigo, Gobierno del estado de México. Secretaría de Desarrollo Económico. Dirección General de Abasto y Comercio. Año V, junio, No 6.

Bullock, J. V e Dobereiner, J. 1975. Potential for nitrogen fixation in maize genotypes, in Brazil, Proc. Natl. Acad. Sci. (72) : 2389 – 2393. U. S. A.

Caballero-Mellado, J., E. Von Scheven-Cordero, G. R. González-Cu, and J. F. Aguirre. 2000. *Azospirillum* inoculation and its agronomic application in Mexico. Fourth European Nitrogen Fixation Conference. Sevilla, Spain. p. 45.

Camacho, M. A. Figueroa, Pedro. Huerta, Julio.2002. Jupare C200. Nueva variedad de trigo duro para su cultivo en el Noroeste de México. Folleto técnico No 47. INIFAP 2002.

Coyne M. 2000. Microbiología del Suelo: Incremento de productividad en maíz, mediante inoculación con microorganismos fijadores libres de nitrógeno. II Reunión Científico Técnica- Biología del Suelo- Fijación Biológica del Nitrógeno. Universidad Nacional de Catamarca – Facultad de Ciencias Agrarias. Pág. 197-199.

Cooke G. W. 1992. Fertilización para rendimientos máximos. Ed. Continental S.A de C.V. Mexico. P 79-101.

Cracogna, M F. Iglesias, M C. Díaz, Irma. Gonzales Noelia. Carbajal, María L. 2003. Utilización de *Azospirillum* y bacterias solubilizadoras de fósforo en el cultivo de trigo. (II)) XXII Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas. FCA. UNNE.

Day, J. M., and J. Dobereiner, 1976. Physiological aspects of N₂ fixation by a *Spirillum* from Digitaria roots. Soil Biology and Biochemistry (8): 45 – 50. U. S. A.

Díaz-Zorita. M., Rafael M. Baliña., Maria V. Fernandez-Canigia., Alejandro P. 2002. Rendimiento de cultivos de Trigo en la Región Pampeana Inoculados con *Azospirillum brasilense*. Revista supercampo. No 98, año VIII.

Díaz Franco A. y Ortegón M. A S. 2006. Effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* and chemical fertilization on Canola (*Brassica napus*) Growth and Yield. Rev. Fitotec. Mexico. Vol. 29 (1): 63-67.

Dobereiner, J. , Y. E. Marriol and M. Nery 1976. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum*, Beijerinck. Canadian Journal Microbiology (22): 1464 – 1473. Canada.

Dobbelaere S A, A Croonenborghs, D Thys, D Ptacek, C Labandera G, J Caballero M, J Aguirre, S Burdman, 2001. Responses of agronomically important crops to inoculation wiht *Azospirillum*. Aust. J. Plant Physiol. 28(9): 871-879.

Dos Reis Jr, F.B., V.M. Reis, S. Urquiaga y J. Döbereiner. 2000. Influence of nitrogen fertilization on the population of diazotrophic bacteria *Herbaspirillum* spp. and *Acetobacter diazotrophicus* in sugar cane (*Saccharum* spp.). Plant Soil 219: 153-159.

Etchevers D .J. 2004. Manual de fertilizantes para horticultura. Ed. Limusa p. 103-109.

Fallik, E. and Y. Okon. 1996. Inoculants of *Azospirillum brasilense*: Biomass production, survival and growth promotion of *Setaria italica* and *Zea mays*. Soil Biol. Biochem pp. 123-126.

Ferraris, G. y Couretot, L. 2004. Evaluacion del efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* sobre el rendimiento del trigo en diferentes ambientes del norte de la provincia de BS. AS. Tesis MSc. EPGFAUBA. 176p.

Ferraris, G. y L. Couretot. 2006. Evaluación de diferentes dosis y momentos de aplicación de Nitrógeno y su interacción con el Azufre utilizando fuentes

líquidas en el Norte de la provincia de Buenos Aires. En: Maíz en Siembra Directa. Revista de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. Agosto de 2006.

Flores, D. F. 1994. Evaluación de 17 genotipos criollos de trigo (*Triticum aestivum* L.) Para rendimiento y sus componentes en la región de Navidad N.L. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Coahuila, México.

Garcia-Gonzalez M.M., Farías- Rodríguez, R., Peña-Cabriales y Sanches-Yañez J.M. 2004. Inoculación del Trigo var. Pavon con *Azospirillum* sp y *Azotobacter beijerinckii*. Terra Latinoamericana 23: 65- 72.

Hanson, H. Borlaug, E. N. y Anderson, G. P. 1982. Trigo en el tercer mundo, CIMMYT. Servicio Internacional de Desarrollo Agrícola, México D.F.

Hernandez B R. 2007. Evaluacion de la conservación de *Azospirillum* sp y polietileno Amarillo, Blanco y Rojo en semilla de Coliflor (*Brasica oleracea* var *brotytis*). Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila. P. 25-28-48.

Iglesias M, Fogar M, Cracogna M. 2001. Utilización de inoculante mixto en trigo - Ensayo a campo. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. UNNE (CD.ROM). Sección Ciencias Agrarias. N°002. [http //www.unne.edu.ar /ciencia técnica](http://www.unne.edu.ar/ciencia_tecnica).

Iglesias M. C., Hordodji, R. C., Miceli G. E. 2004. Inoculación con *Azospirillum* sp y *Saccharomyces* sp en el cultivo de algodón. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. UNNE (CD.ROM). Sección Ciencias Agrarias. N° 002. [http //www.unne.edu.ar /ciencia técnica](http://www.unne.edu.ar/ciencia_tecnica).

Iglesias, María C. Cracogna, M. F. Fogar, Maricela N. Romero E. 2002. Inoculación con *Azospirillum* sp. en cultivos comerciales. Girasol en una media loma baja. Reunión de comunicaciones científicas y Tecnológicas. UNNE. Seccion Ciencias Agrarias. No 002.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícola y pecuaria. 2002

Lesur 2006. Manual de fertilización y productividad del suelo agrícola. Ed. Trillas. México p 20-24.

Marko, C. J. e Iglesias, M C.2003. Co-inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum* Az 39 INTA en el cultivo de soja (*Glycine max* L.) fertilizado. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. UNNE. Sección Ciencias Agrarias. 045.

Mendoza H, A Cruz M,C Hernández J 2004. Aislamiento, selección, producción y evaluación de un inoculante, basado en cepas nativas de *Azospirillum* en el norte de Tamaulipas In: Memoria del Simposio de Fertilización. A Díaz F, N Mayek P, A Mendoza H, N Maldonado M (eds.) Rio Bravo, Tamaulipas. México. PP: 87-101.

Mendoza Villarreal R., Zamora V, V. Cabello C J, L. Martínez F, J. Romenus K de A. 2007. Efecto de la Biofertilización con *Azospirillum* sp. en trigo duro sobre rendimiento (*Triticum durum*) en Invernadero. IX Simposio Internacional y IV Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2007. P. 176.

Montiramani, D.P y D.V. Tamhane. 1964. Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales. Editorial DIANA. India.

Monzon de Asconegui, M.A. 2003. *Azospirillum* y su interacción con las plantas. Microbiología Agrícola un aporte de la investigación Argentina. UNSE. Santiago del Estero. P 131-134.

Nurt. I. Okon, y Hener F. 1980. Comparative studies of nitrogen fixing bacteria associated with grasses in Israel. Canadian Journal of Microbiology 26: 714-718.

Okon, Y.; and Labandera-González, C. A. (1994b). Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biol. Biochem., 26: 1591-1601.

Reis, V.M., J.I. Baldani, V.L.D. Baldani y J. Döbereiner. 2000. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. *Crit. Rev. Plant Soil* 19: 227-247.

Robles, S. R. 1990. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa Wiley. 5^a ed. pp. 592. México.

Rodríguez Cáceres, E., G. Gonzáles Anta, J. López, C. Di Ciocco, J. Pacheco Basurco and J. Parada. 1994. *Azospirillum brasiliense* and *Bacillus polymyxa* inoculation in yield response of field grown wheat in an Argentine semiarid region. *Arid Soil Research and Rehabilitation*.

Salamone I E y Nelson L. 2001. Efectos benéficos directos sobre el crecimiento vegetal de rizobacterias (PGPR) productoras de citoquininas. III Reunión Nacional Científico Técnica de biología del Suelo- Fijación biológica del Nitrógeno. Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales..Actas y CD ROM.

Sly, L. I., and E. Stackebrandt. 1999. Description of *Skermanella parooensis* gen. nov., sp. Nov. to accommodate *Conglomeromonas largomobilis* sb sp. *Parooensis* following the transfer of *Conglomeromonas largomobilis* subsp. *Largomobilis* to the genus *Azospirillum*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 49: 541-544.

Tarrand, J. J., Krieg, N. R. and Dobereiner, J. 1978. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* grup. With description of a new genus *Azospirillum lipoferum* Beijerinck. *Con nov.* and *Azospirillum brasiliense*. *Canadian Journal Microbiology.* (24): 967 – 980. Canada.

Wona 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. Canada.

APENDICE

A1. Resultados de análisis de varianza para contenido de Humedad, contenido de Ceniza y Extractó Etéreo en trigo variedad Jupare, localidad Cerro de Agua.

FV	Humedad			Ceniza		Extracto Etéreo	
	GL	CM	F	CM	F	CM	F
Tratamiento	2	1.81	11.45 NS	0.049	1.60	0.0016	1.25
Muestra (trat)	6	0.85	5.38 NS	0.0086	0.28	0.00090	0.69
Error	18						
CV	4.66			8.6		10.3	

A2. Resultado de las pruebas de medias entre tratamientos de contenido de Humedad de trigo variedad Jupare

Tratamiento	Media	Agrupamiento
2	8.82	A
1	8.78	A
3	8.025	A

A3. Resultado de las pruebas de medias entre tratamientos de contenido de Ceniza de trigo variedad Jupare

Tratamiento	Media	Agrupamiento
3	1.47	A
1	1.41	A
2	1.38	A

A4. Resultado de las pruebas de medias entre tratamientos de Extractó Etéreo de trigo variedad Jupare

Tratamiento	Media	Agrupamiento
3	1.03	A
1	1.02	A
2	1.004	A