

***Azospirillum brasilense* Y NITRÓGENO EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* L. var. *amylacea*) EN EL DEPARTAMENTO DE CANINDEYÚ**

DERLIS ENCISO SANTACRUZ

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención de título de Ingeniero Agrónomo

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica/Área de Suelos y Ordenamiento Territorial

San Lorenzo, Paraguay
2017

***Azospirillum brasilense* Y NITRÓGENO EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* L. var. *amylacea*) EN EL DEPARTAMENTO DE CANINDEYÚ**

DERLIS ENCISO SANTACRUZ

Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy W. Rasche Alvarez**

Co-orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón Rojas**

Co-orientadora: **Prof. Ing^a. Agr^a. (M.Sc.) María del Pilar Galeano Samaniego**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención de título de Ingeniero Agrónomo

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica/Área de Suelos y Ordenamiento Territorial

San Lorenzo, Paraguay
2017

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica/Área de Suelos y Ordenamiento Territorial

Azospirillum brasilense Y NITRÓGENO EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* L. var. *amylacea*) EN EL DEPARTAMENTO DE CANINDEYU

Esta tesis fue aprobada por la Mesa Examinadora como requisito parcial para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo, otorgado por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción.

Autor: Derlis Enciso Santacruz

Miembros del Comité Asesor:

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy W. Rasche Alvarez

Co-orientador Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón R.

Co-orientadora Prof. Ing^a. Agr^a. (M.Sc.) María del Pilar Galeano S.

Miembros de la Mesa Examinadora

Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy W. Rasche Alvarez

Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón Rojas

Prof. Ing^a. Agr^a. (M.Sc.) María del Pilar Galeano Samaniego

San Lorenzo, 20 de junio del 2017

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico este trabajo:

A mi madre, Valeria Santacruz (†)

A mi hermana Blanca G. Enciso

A mi Ahijada Valeria Mercado

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, Valeria Santacruz, quien en vida me dio la fortaleza y el apoyo incondicional para mi formación académica y/o profesional, por haberme inculcado los mejores valores.

A mi hermana Blanca G. Enciso Santacruz por ser mi soporte y por estar siempre a mi lado dándome la fuerza para no flaquear en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis hermanos por apoyarme y ayudarme en mi formación profesional.

A mi profesor y orientador Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy W. Rasche Alvarez, agradezco por guiarme en la elaboración de este trabajo, por la paciencia, por todos los conocimientos transmitidos, por siempre estar disponible para responder mis dudas y cuyas correcciones ayudaron sustancialmente el desarrollo de este trabajo.

Al Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón R y a la Prof. Ing^a. Agr^a. (M.Sc.) María del Pilar Galeano S. por brindar tiempo y conocimiento para la elaboración de este trabajo.

A la familia Duarte, por proveer el terreno para la instalación de la parcela experimental.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento de la tesis dentro del marco del Proyecto 14-INV-130 “Manejo sostenible de la fertilidad de suelos para la producción de alimentos”.

A mis compañeros de curso quienes estuvieron apoyando para la realización de este trabajo, en especial a Alder Duarte Monzón, Eugenio González y Samuel Salvador Muller.

***Azospirillum brasilense* Y NITRÓGENO EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* L. var. *amylacea*) EN EL DEPARTAMENTO DE CANINDEYÚ**

Autor: **DERLIS ENCISO SANTACRUZ**

Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY W. RASCHE ALVAREZ**

Co-Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) CARLOS ANDRÉS LEGUIZAMÓN ROJAS**

Co-Orientadora: **Prof. Ing. Agr. M.Sc. MARIA DEL PILAR GALEANO SAMANIEGO**

RESUMEN

Las fuentes de contaminación por nitratos en suelos y aguas (superficiales y subterráneas), se asocian mayoritariamente a actividades agrícolas como la utilización de fertilizantes nitrogenados. Una forma de contrarrestar el efecto negativo que produce el uso excesivo de fertilizantes químicos en dichas actividades podría ser la utilización de microorganismos con capacidad de fijar nitrógeno, reduciendo de esta manera la aplicación de fertilizante. El objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense* con diferentes dosis de nitrógeno en maíz chipa. El ensayo fue instalado en el Departamento de Canindeyú, Distrito de Yvyrarovaná, donde se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial en parcelas divididas, siendo los factores estudiados la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense* (con y sin) y seis dosis de nitrógeno (0, 30, 60, 90, 120, 150 kg ha⁻¹ de N), totalizando doce tratamientos con cuatro repeticiones. El inoculante fue aplicado a dosis de 3 mL kg⁻¹ de semilla. Se evaluó el rendimiento del grano de maíz en respuesta a los tratamientos; el efecto de los tratamientos en diámetro del tallo, número de espiga por planta, peso hectolítrico, la longitud y diámetro de las espigas, número de hilera de granos, peso de mil granos y la rentabilidad del cultivo. Se obtuvo diferencias significativa en el rendimiento granos tanto con la aplicación del inoculante y entre las dosis de nitrógeno, el mayor rendimiento fue de 4.102 kg ha⁻¹ que se obtuvo con el T12 (*Azospirillum brasilense* + 150 kg ha⁻¹). El promedio de los tratamientos con aplicación de inoculante aumentó la rentabilidad en un 16% en relación a los tratamientos sin el inoculante.

Palabras clave: Fertilizantes nitrogenados, nitratos, inoculante, microorganismos

***Azospirillum brasilense* AND NITROGEN IN CORN CHIPÁ (*Zea mays L. var. Amylacea*) IN THE DEPARTMENT OF CANINDEYÚ**

Author: **DERLIS ENCISO SANTACRUZ**

Advisor: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY W. RASCHE ALVAREZ**

Co-Advisor: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) CARLOS ANDRÉS LEGUIZAMÓN ROJAS**

Co-Advisor: **Prof. Ing. Agr. M.Sc. MARIA DEL PILAR GALEANO SAMANIEGO**

ABSTRACT

The sources of nitrate pollution in soils and waters (surface and groundwater) are mostly associated with agricultural activities such as the use of nitrogen fertilizers. One way of counteracting the negative effect of excessive use of chemical fertilizers in such activities could be the use of microorganisms with the ability to fix nitrogen, thus reducing the application of fertilizer. The objective of this work was to evaluate the application of inoculant based on *Azospirillum brasilense* with different doses of nitrogen in corn chipa. The trial was installed in the Department of Canindeyú, Yvyrarovaná District, where a randomized complete block experimental design with factorial arrangement in divided plots was used. The factors studied were the application of inoculant based on *Azospirillum brasilense* (with and without) and six nitrogen doses (0, 30, 60, 90, 120, 150 kg ha⁻¹ of N), totaling twelve treatments with four replicates. The inoculant was applied at doses of 3 mL kg⁻¹ of seed. Maize grain yield was evaluated in response to treatments; the effect of treatments on stem diameter, number of spike per plant, hectoliter weight, ear length and diameter, number of rows of grains, weight of one thousand grains and crop yield. There were significant differences in grain yield both with inoculant application and between nitrogen doses, the highest yield was 4.102 kg ha⁻¹ which was obtained with T12 (*Azospirillum brasilense* + 150 kg ha⁻¹). The average of the treatments with inoculant application increased the profitability by 16% in relation to the treatments without the inoculant.

Key words: Nitrogen fertilizers, nitrates, inoculant, microorganisms

***Azospirillum brasilense* E NITROGÊNIO NO MILHO CHIPA (*Zea mays* L. var. *amylacea*) NO DEPARTAMENTO DE CANINDEYÚ**

Autor: **DERLIS ENCISO SANTACRUZ**

Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY W. RASCHE ALVAREZ**

Co-Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) CARLOS ANDRÉS LEGUIZAMÓN ROJAS**

Co-Orientador: **Prof. Ing. Agr. M.Sc. MARIA DEL PILAR GALEANO SAMANIEGO**

RESUMO

As fontes de poluição do nitrato e do solo (e a superfície da água do solo), estão associados, principalmente, com actividades agrícolas e a utilização de fertilizantes de azoto. Uma forma de counter o efeito negativo da utilização excessiva de fertilizantes químicos em tais actividades podem ser a utilização de microrganismos capazes de fixação de azoto, reduzindo assim a aplicação de fertilizantes. O objectivo era avaliar da aplicação baseada em inoculante *Azospirillum brasilense* com diferentes doses de nitrogênio no milho. O ensaio foi instalado no Departamento de Canindeyú, Distrito Yvyrarovaná onde foi usado um desenho experimental do arranjo de blocos casualizados factorial de parcelas divididas, tendo estudado os fatores de aplicação de inoculante baseado em *Azospirillum brasilense* (com e sem) e seis doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90, 120, 150 kg ha⁻¹ de N), num total de doze tratamentos com quatro repetições. O inoculante foi aplicado na dose de 3 mL kg⁻¹ de semente e foram avaliadas a produção de grãos de milho, em resposta ao tratamento foi avaliada; o efeito dos tratamentos sobre o diâmetro do caule, número de espigas por planta, peso hectolítrico, comprimento e diâmetro de espigas, número de linha de grãos, de peso de mil grãos e na rentabilidade de cultura. Diferenças significativas no rendimento de grãos tanto na aplicação de inoculante com entre doses de nitrogênio foi obtido o maior rendimento foi de 4102 kg há⁻¹ com T12 (*Azospirillum brasilense* + 150 kg ha⁻¹). As médias dos tratamentos com aplicação de inoculante aumento a rentabilidade em 16% em comparação com os tratamentos sem o inoculante.

Palavras-chave: Fertilizantes nitrogenados, nitratos, inoculantes, microorganismos

LISTA DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
RESUMO.....	vii
LISTA DE CONTENIDOS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 El maíz.....	3
2.1.1 Origen y expansión del maíz.....	3
2.1.2 Importancia del maíz.....	4
2.1.3 Principales variedades de maíz.....	4
2.1.4 Exigencias nutricionales del cultivo de maíz.....	5
2.1.5 Nitrógeno en el cultivo de maíz.....	6
2.2 Ciclo del Nitrógeno.....	7
2.3 <i>Azospirillum brasilense</i>	10
2.3.1 Experimentos relacionados a la inoculación de <i>Azospirillum sp</i>	11
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Local del experimento.....	13
3.1.1 Características climáticas y edafológicas.....	13
3.2 Recursos materiales y equipos técnicos.....	16
3.3 Diseño para la recolección de datos.....	15
3.4 Población de unidades y variables de medición.....	17
3.5 Implantación en el terreno y manejo del experimento.....	18
3.5.1 Preparación del terreno.....	19
3.5.2 Inoculación de los granos.....	19
3.5.3 Fertilización química.....	19

3.5.4 Variedad de maíz y época de siembra.....	19
3.5.5 Densidad de siembra.....	19
3.5.6 Método de siembra	20
3.5.7 Cuidados culturales.....	20
3.5.8 Cosecha.....	20
3.6 Métodos de control de calidad de los datos	20
3.7 Variables evaluadas.....	20
3.8 Análisis de datos	22
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.2 Diámetro del tallo.....	23
4.3 Número de espigas por planta.....	25
4.4 Longitud de la espiga.....	26
4.5 Diámetro de la espiga.....	28
4.6 Número de hilera de granos por espiga.....	29
4.7 Peso hectolitrito (kg/ hL) y peso de 1000 granos.....	30
4.8 Rendimiento de granos de maíz (kg/ha).....	32
4.9 Rentabilidad del cultivo de maíz.....	36
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
5.1 Conclusiones.....	40
5.2 Recomendaciones.....	40
6 REFERENCIAS.....	42
ANEXO.....	49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Precipitación total (medida con un pluviómetro instalado en la parcela experimental) y medias de temperatura (máxima y mínima) registradas durante el periodo de la ejecución del experimento (setiembre 2015 hasta febrero 2016).....	14
2. Características físicas y químicas del suelo de la parcela experimental.....	16
3. Tratamientos que fue utilizado en el experimento, Canindeyú, Paraguay, 2016.....	17
4. Medias de la variable correspondiente al número de espigas por planta de maíz y diámetro del tallo (cm) sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i> . Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.....	24
5. Medias de la variable correspondiente a la longitud de espiga (cm), diámetro del espiga(mm) y número de hileras de granos por espiga, sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i> . Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.....	27
6. Medias de la variable correspondiente a rendimiento de granos de maíz (kg ha^{-1}), sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i> . Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.....	31
7. Combinación de los factores estudiados de la variable correspondiente a las medias de rendimiento de granos (kg ha^{-1}), sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i> . Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.....	33
8. Rentabilidad del cultivo de maíz (%), sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i> . Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.....	38

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Imagen satelital de la parcela experimental obtenida de Google earth del Distrito Ybyrarobana, en el mapa de Paraguay.....	13
2. Precipitación mensual ocurrida durante el ciclo del experimento (setiembre de 2015 hasta febrero de 2016), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento y media histórica (2009-2014). Fuente: IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria). Datos climáticos del campo experimental Yjhovy.....	15
3. Distribución de tratamientos en el área experimental. Canindeyú, Paraguay, 2016.....	18
4. Número espigas por planta sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i> . Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.....	25
5. Diámetro de la espiga sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i> . Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.....	29
6. Medias de la variable correspondiente a rendimiento de granos de maíz, sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i> . Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.....	36

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
1. Análisis de varianza de la variable Diámetro del tallo (mm) sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i>	50
2. Análisis de varianza de la variable Numero de espigas por planta sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i>	50
3. Análisis de varianza de la variable Longitud de espigas sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i>	51
4. Análisis de varianza de la variable Diámetro de la espiga (mm) sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i>	51
5. Análisis de varianza de la variable Numero de hileras de granos por espiga sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i>	52
6. Análisis de varianza de la variable Peso hectolitrito sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i>	52
7. Análisis de varianza de la variable Peso de 1000 granos sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i>	53
8. Análisis de varianza de la variable Rendimiento de granos sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de <i>Azospirillum brasilense</i>	53
9. Costo de producción utilizada para la elaboración de rentabilidad a nivel de finca del cultivo de maíz chipa.....	54
10. Datos de las mediciones realizadas a las variables para cada unidad experimental.....	55

11.	Datos de las mediciones realizadas a las variables para cada unidad experimental (Continuación).....	56
12.	Datos de las mediciones realizadas a las variables para cada unidad experimental (Continuación).....	57
13.	Precipitación media histórica (2009-2014): Fuente: IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria). Datos climáticos del campo experimental Yjhovy.....	57
14.	Precipitaciones mensuales ocurridas durante el periodo del experimento (setiembre de 2015 hasta febrero de 2016), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento.....	58

1. INTRODUCCIÓN

El maíz tiene una elevada importancia económica y social, y es cultivada en agricultura familiar y mecanizada. Existen muchas variedades de maíz pero a nivel nacional en las pequeñas propiedades se cultivan principalmente avati moroti (chipa), moroti porã (locro) y pichinga (pororó), destinados al consumo dentro de la finca y karape pyta utilizado para la alimentación de animales.

De acuerdo al informe de la dirección de censo y estadísticas agropecuarias (DCEA), dependencia técnica de Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (2014), el cultivo de maíz en la zafra 2013/14 tuvo una superficie de siembra de 800.000 ha., 22 % menos que la zafra 2012/13. En cuanto a la producción los datos reflejan un total de 3.200.000 toneladas, equivalentes en un 22 % menos que la zafra 2012/13 y alcanza un rinde promedio de 4.000 kg ha⁻¹.

El nitrógeno es uno de los elementos esenciales en la nutrición del maíz y de cualquier otra planta y es uno de los factores limitantes más comunes de la producción vegetal.

En la naturaleza, la transformación del nitrógeno molecular atmosférico en nitrógeno del suelo utilizable por las plantas, se realiza principalmente según tres procesos: la fijación espontánea, que es un proceso natural que se da mediante descargas eléctricas de tormentas, radiación ultravioleta y rayos gama, por otro lado está la fijación industrial química, que consiste en la producción de amoníaco y fertilizantes nitrogenados por la industria a partir del nitrógeno del aire y por último la fijación biológica, proceso que se da mediante un conjunto de microorganismos.

La fijación del nitrógeno atmosférico y su explotación económica en la agricultura moderna, no se reduce exclusivamente a la asociación leguminosa con *Rhizobium/Bradyrhizobium*. Existen otras asociaciones importantes que han

demostrado un potencial económico alto, como el caso de la asociación maíz con *Azospirillum*, pudiendo suplir hasta el 20% a 30% de nitrógeno que la planta necesita.

Aunque en el caso particular de *Azospirillum*, está demostrado que el efecto beneficioso de la asociación es debido mayoritariamente a la capacidad que posee la bacteria de producir fitohormonas que determinan un mayor desarrollo del sistema radicular y, por tanto la posibilidad de explorar un volumen más amplio del suelo.

En las últimas décadas, la producción agrícola ha aumentado, trayendo consigo consecuencias para el medio ambiente y en este sentido, las fuentes de contaminación por nitratos en suelos y aguas (superficiales y subterráneas), se asocian mayoritariamente a actividades agrícolas con la utilización de fertilizantes inorgánicos.

Una solución alternativa para reducir estos problemas ambientales es la asociación de plantas con bacterias promotoras de crecimiento (PGPR) que existen en el suelo. Teniendo en cuenta que estas bacterias favorecen el crecimiento y rendimiento de muchos cultivos mejorando el desarrollo radicular, la asimilación de nutrientes minerales y el aprovechamiento del agua, además controlan bacterias y hongos patógenos y nematodos, de esta manera se podría reducir el uso de fertilizantes y pesticidas contaminantes.

El objetivo general de este trabajo consistió en evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno con y sin inoculante a base de *Azospirillum brasilense* en maíz chipa (*Zea mays* L. Var. *amylacea*); los objetivos específicos fueron determinar el rendimiento del grano de maíz en respuesta a los tratamientos; evaluar el efecto de los tratamientos en diámetro del tallo, el número de espiga por planta, peso hectolítrico; la longitud y diámetro de las espigas, número de hilera de granos, peso de mil granos y la rentabilidad del cultivo.

El presente trabajo pretendió demostrar que los mejores valores de los caracteres agronómicos en estudio se obtendrían utilizando inoculante a base de *Azospirillum brasilense* con menor dosis de nitrógeno.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, género *Zea* y es la única especie cultivada de este género (Acosta 2009).

Es una planta anual, con vainas foliares que se superponen y poseen láminas alternadas anchas. Posee espigas de 7 a 40 cm. de largo. Es una planta monoica, por tanto tiene flores masculinas y femeninas en la misma planta, la inflorescencia masculina se presenta en conjunto, formando grandes panículas terminales y las flores femeninas se disponen en las axilas de las hojas en un eje grueso y están cubiertas por brácteas protectoras dando lugar esa inflorescencia a un tipo especial de espiga. Se propaga por semillas producidas mayormente por fecundación cruzada (alógama) y depende del movimiento del polen por el viento (Gear 2006).

2.1.1 Origen y expansión del maíz

Se considera que el maíz fue una de las primeras plantas en ser cultivada por los agricultores hace entre 7.000 y 10.000 años. Las evidencias más antiguas del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos de México, donde se ha encontrado mazorcas de maíz en cuevas de los habitantes primitivos, estimadas en más de 5000 años de antigüedad (Wilkes citado por Paliwal 2001).

El cultivo de maíz se originó en México y posteriormente fue emigrando hacia otros sitios de América, en la actualidad se constituye el tercer cereal más producido, después del arroz y el trigo (Acosta 2009).

2.1.2 Importancia del maíz

El maíz es uno de los cultivos más importante del sector agrícola y ha sido considerado como un rubro estratégico, dada su importancia en la dieta diaria, con un aporte proteico de 6,5 por granos y aporte calórico de 316 calorías, además de constituir una fuente generadora de empleos, debido al gran número de personas que lo cultiva en el mundo (Segovia y Alfaro 2009).

De acuerdo a los datos de la Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO), durante el período 2004/2009, la producción nacional de maíz alcanzó un promedio de 1.905.136 toneladas anuales. En el 2010 alcanzó su nivel máximo con 3.071.033 toneladas, y en 2004 el mínimo con 830.000 toneladas (Fretes y Martínez 2011).

De acuerdo al informe de la dirección de censo y estadísticas agropecuarias (DCEA), dependencia técnica de Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (2014), el cultivo de maíz en la zafra 2013/14 tuvo una superficie de siembra de 800.000 ha., 22 % menos que la zafra 2012/13. En cuanto a la producción los datos reflejan un total de 3.200.000 toneladas, equivalentes en un 22 % menos que la zafra 2012/13 y alcanza un rinde promedio de 4.000 kg ha⁻¹.

Según el Censo Nacional Agropecuario (CAN 2008), en el Paraguay el maíz de la variedad *amylacea* (avati moroti), se cultiva un total de 134.835 ha, distribuido en 80.759 fincas, totalizando una producción de 85.773 toneladas, y el departamento de Canindeyú se encuentran 6.200 fincas cultivando la misma variedad de maíz, totalizando 4.962 ha de superficie cultivada, con una producción total de 5.659 toneladas.

2.1.3 Principales variedades de maíz

Existen muchas variedades esparcidas por todo el mundo, algunas de ellas son: el maíz dentado (*Zea mays indentata*), su nombre se debe a que tiene forma de diente, en nuestro país es conocido comúnmente como avatí tupi pyta, y es una variedad muy utilizado para grano y ensilaje, con más cantidad de endospermo blando, limitándose el duro sólo a ciertas partes del grano.

Las variedades de maíz más apreciadas para el consumo humano a nivel nacional son tres, *Zea mays saccharata* (maíz dulce), *Zea mays everta* (Maíz pichinga) y el principal *Zea mays amylacea* (Avati moroti o avatí chipá), esta última se caracteriza por ser tierna, blanda y harinosa. Sus granos están constituidos en casi su totalidad de almidón blando. Tienen gran utilización en la alimentación humana. (Fretes y Martínez 2011).

2.1.4 Exigencias nutricionales del cultivo de maíz

El cultivo de maíz podría ser calificado como exigente en principios nutritivos a diferencia de otros cultivos, su rendimiento en materia seca también es bastante alto. Es altamente eficiente, pues solo necesita de 350 litros de agua para producir un kilo de materia seca, lo cual es relativamente poco comparado con otros cultivos, por ejemplo la remolacha necesita 443, el trigo 491 y la alfalfa 844 litros por kilo de materia seca producida (Llano 1984).

Paredes (2013) afirma que tanto el nitrógeno (N) como el fósforo son los dos macronutrientes más limitantes para la producción de maíz y son considerados los más importantes para su buen desarrollo, ya que condicionan el establecimiento y el mantenimiento de la capacidad fotosintética de las hojas y la determinación de la capacidad de los destinos reproductivos. El Índice de área foliar (IAF), la senescencia de las hojas y la actividad fotosintética dependen, en gran medida, de éstos nutrientes.

El mismo autor afirma que para optimizar el rendimiento del cultivo es esencial programar una fertilización balanceada que incluya la aplicación de todos los nutrientes esenciales y principalmente de los que presentan mayor posibilidad de respuesta, de acuerdo al análisis de suelo o de la hoja. En la región pampeana de la Argentina los elementos N, P y S, fueron los que más responsivos a su corrección, esta afirmación se debe a los resultados obtenidos en un experimento realizado en la campaña 2006/07 en cuatro ensayos de la Red de Nutrición CREA del Sur de Santa Fe, donde se determinó el efecto de diferentes tratamientos de fertilizantes a base de N, P, S, sobre la productividad del cultivo, se observaron respuestas significativas a los tratamientos de fertilización en los cuatro sitios. Las respuestas promedio a N, P, S y a NPS fueron de 3.248, 1.369, 698 y 5.359 kg ha⁻¹, respectivamente y los

rendimientos máximos se registraron en el tratamiento NPS variando entre 11.425 kg ha⁻¹.

En cuanto a requerimientos, del cultivo de maíz para producir un rendimiento de 4000 kg ha⁻¹ de grano, se requiere alrededor de 100 kg/ha de nitrógeno, 18 kg ha⁻¹ de fósforo y 68 kg ha⁻¹ de potasio (Sánchez citado por Paliwal 2001).

2.1.5 Nitrógeno en el cultivo de maíz

El maíz, como toda poacea, es altamente demandante en nitrógeno, es por ello que a la hora de realizar un plan de fertilización para el cultivo de maíz, se debe tener en cuenta al nitrógeno como principal nutriente para optimizar la producción. El nitrógeno es considerado como el motor de crecimiento de la planta. Una vez que la planta absorbe este nutriente lo acumula como nitrato en los tejidos de la hoja, y es el encargado de motorizar la síntesis del complejo hormonal del crecimiento (Gaspar y Tejerina 2007).

La utilización de fertilizantes nitrogenados en dosis elevadas (superior a 60 kg ha⁻¹), en el surco de la siembra puede causar salinización o alcalinización de la rizósfera, afectando el desarrollo radicular, esto reduce la absorción de nutrientes de la planta, como magnesio y zinc (Prochnow et al. 2010)

Según el mismo autor la fertilización en cobertura del cultivo de maíz debe ser iniciada cuando las plantas presenten tres a cuatro hojas, sin la necesidad de fraccionar la dosis de nitrógeno, siempre que la dosis no supere los 150 kg ha⁻¹ de N, y el tenor de arcilla sea superior a 35%.

En el caso del N, la dosis a emplear se puede determinar a través de la relación entre el N disponible y el rendimiento del cultivo. También es importante tener en cuenta que se puede obtener respuestas variables a la aplicación de N, debido a diferentes factores, como por ejemplo, las condiciones climáticas (temperatura, precipitación), suelo (temperatura, materia orgánica, textura), y prácticas de manejo (irrigación, densidad, arreglo espacial, fertilización) (Ciampitti et al 2010).

En cuando a la textura, en suelos arcillosos el mejor momento para realizar la fertilización nitrogenada en cobertura, es cuando el cultivo presenta 3 a 4 hojas

verdaderas y no se debe realizar fragmentación de la dosis, en cambio en suelos arenosos dosis de nitrógeno se debe fragmentar, es decir, realizar en dos aplicaciones, la primera cuando el cultivo presenta 3 a 4 hojas verdaderas, y la segunda aplicación a los 6 o 7 hojas verdaderas (Prochnow 2010).

Según Paredes (2013) el N influye en el rendimiento y también en la calidad, ya que de él depende el contenido en proteínas del grano y es el nutriente más deficiente para la producción de maíz. Cuando la planta padece deficiencias de N, disminuye el vigor y las hojas se tornan pequeñas, las puntas de las hojas toman color amarillo, que poco a poco se va extendiendo a lo largo de la nervadura central, dando lugar a una especie de dibujo en forma de V y las mazorcas procedentes de plantas que han sufrido falta de nitrógeno tienen las puntas vacías de grano.

Melgar y Torres (2007) sostienen que el maíz requiere alrededor de 20 a 25 kg ha⁻¹ de nitrógeno por cada tonelada de grano producido, por ejemplo, para producir 10 t/ha de granos, el cultivo debería disponer alrededor de 200 a 250 kg ha⁻¹ de Nitrógeno

Según los mismos autores, en ensayos llevados en la región de la Pampa, Argentina. Los resultados indicaron que para maximizar los rendimientos del cultivo, la disponibilidad de nitrógeno en el suelo debe ser de 140 a 150 kg ha⁻¹.

2.2 Ciclo del Nitrógeno

El ciclo del nitrógeno en el suelo representa solamente una parte del ciclo total del nitrógeno en la naturaleza. La transformación del nitrógeno molecular atmosférico en nitrógeno del suelo utilizable por las plantas, se realiza principalmente según dos procesos: El nitrógeno puede oxidarse y pasar a la forma de óxidos, por acción de las descargas eléctricas, y éstos compuestos, a su vez, son trasladados al suelo por la lluvia y depositados en él como ácido nitroso o nítrico. La magnitud de éste proceso es pequeña en comparación a las cantidades de nitrógeno molecular que se convierte en orgánico por medio de dicho proceso. En la fijación biológica, ciertos microorganismos que viven libremente en el suelo, y otros que viven simbióticamente con determinadas plantas (principalmente leguminosas o fabáceas), son capaces de

realizar esta incorporación, ambos grupos son los principales responsables de que se mantenga a un cierto nivel el nitrógeno contenido en el suelo (Paredes 2013).

Existe una amplia variabilidad en el contenido de N en los que son determinados por las condiciones ecológicas. En el suelo su contenido medio se estima en 0,14%, y depende mucho de la concentración de materia orgánica, la cual es más abundante en suelos de regiones frías y húmedas que en los suelos de regiones cálidas y de menor humedad (Eurípides 2012).

Las condiciones de drenaje, vegetación, material parental, topografía, textura del suelo, actividad del hombre etc., son factores que afectan la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, también el clima juega un papel fundamental en la disponibilidad de este nutriente, por ejemplo, el aumento de temperatura disminuye el contenido de nitrógeno, debido a que aumenta la velocidad de mineralización de la materia orgánica, apareciendo compuestos simples que son fácilmente lixiviados. Al aumentar la humedad, por efecto de las precipitaciones o riego (a temperatura constante), el contenido de N en el suelo aumenta. Esto se debe a que la actividad microbiana cesa (Paredes 2013).

Después que los residuos de animales y vegetales regresan al suelo, sufren innumerables transformaciones, las cuales son en su mayoría originadas por procesos biológicos. De esta forma, a través de los procesos microbiológicos de fijación de N se produce un enriquecimiento del suelo (Eurípides 2012).

La fijación de N es la combinación del N atmosférico (N_2) con moléculas de oxígeno o hidrógeno para formar óxidos o amonio que pueden incorporarse a la biosfera y ser asimilados por los organismos vivientes, y que puede ser llevada a cabo por bacterias en vida libre o en simbiosis. A este último proceso se le conoce como fijación biológica de nitrógeno (FBN), y es de vital importancia para las plantas, puesto que es la manera como se puede utilizar la gran cantidad del N atmosférico presente (Eurípides 2012)

La fijación biológica del nitrógeno atmosférico consiste en la reducción de N_2 a NH_4^+ por la enzima nitrogenasa. Las principales bacterias de vida libre que realizan FBN incluyen a *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Beijerinckia* las bacterias

fijadoras de nitrógeno de vida libre tienen una baja eficiencia en la fijación de nitrógeno (0,5 a 1 kg ha⁻¹ de Nitrógeno por año). En cambio cuando se asocian con plantas su capacidad fijadora aumenta (hasta 30 kg ha⁻¹ de Nitrógeno por año) (Paredes 2013).

El N puede perderse en el suelo de varias maneras. Los cultivos lo remueven del campo por lo acumulado en las partes cosechadas de las plantas. El N en la materia orgánica y el fijado como NH₄⁺ en las arcillas puede erosionarse con la partícula de suelo. El NH₄⁺ y el NO₃⁻ en solución pueden perderse en el agua de escorrentía. El NO₃⁻, debido a que no es retenido por los coloides del suelo, puede lixiviarse hasta el nivel freático (Eurípides 2012)

También se pierde por volatilización del gas amoníaco (NH₃) y esto representa la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial y la dosis y localización del fertilizante (Ferraris et al. 2009).

Las plantas asimilan una parte del nitrógeno del suelo en forma de nitrato (NO₃⁻) y amonio (NH₄⁺). Por otro lado la desnitrificación es un proceso de respiración anaerobia, donde el nitrato es utilizado como aceptor alternativo de electrones en lugar de oxígeno, reduciéndose a óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N₂O) o nitrógeno molecular (N₂). Dado que estos compuestos nitrogenados son gases poco solubles, los mismos no se incorporan al material celular, sino que escapan a la atmósfera. El retorno del nitrógeno a la atmósfera mediante el proceso de desnitrificación, completa el ciclo biogeoquímico del nitrógeno. Este proceso acarrea una pérdida de nitrógeno en ambientes naturales, por lo que resulta ser un proceso negativo para la actividad agrícola (UPRM 2009).

Es importante saber que las aplicaciones de N en superficie, deben ser realizadas con condiciones adecuadas para disminuir las pérdidas, principalmente cuando se usa urea. Las principales características que deben ser observadas son

humedad alta en el suelo, o expectativa próxima de lluvia, baja velocidad del viento; y temperaturas no muy elevadas. Altas productividades de maíz solo serán obtenidas cuando no falte humedad, por lo tanto, la utilización de altas dosis de N es viable cuando la región presente buena distribución hídrica o bajo condiciones de riego. (Cubilla et al. 2012).

2.3. *Azospirillum brasilense*

Azospirillum brasilense es un microorganismo diazotrófico del suelo capaz de colonizar la rizósfera de muchos cereales, económicamente importantes. Inicialmente, sólo se consideraba el beneficio que aportaba a ciertas gramíneas inoculadas debido únicamente a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, luego de diversas experimentaciones se llegó a la conclusión de que el mayor beneficio aportado a los cultivos es por la mayor captación de nutrientes minerales presentes en el suelo como consecuencia de un incremento del sistema radicular de las plantas infectadas (Paredes 2013).

El *Azospirillum brasilense* es una de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal más estudiadas, pues participa en el mejoramiento del rendimiento de numerosos cultivo agrícolas, aumenta significativamente el crecimiento y afecta el metabolismo de las plantas superiores, esto se da al promover el crecimiento en las plantas hospederas a través de cambios morfológicos de las raíces colonizadas por *Azospirillum* incrementando la superficie radicular que a su vez mejora la absorción de minerales y agua. La razón por la cual se produce este cambio morfológico es por la producción de la auxina ácido indol-3-acético (AIA) por *Azospirillum*, la cual incrementa la proliferación de pelos radiculares y raíces laterales (Torres 2008).

El *Azospirillum brasilense* tiene efectos positivos en la producción de la mayoría de las gramíneas, sin embargo, en un experimento realizado en México, donde se inoculó *Azospirillum brasilese* al cultivo de maíz, trigo y sorgo, se observó que tuvo mayor efecto positivo en la producción de granos del sorgo, teniendo un rendimiento de 55% más que el testigo, con esto se demuestra la afinidad que existe entre el sorgo y el *Azospirillum brasilense* (Rangel et al. 2013).

En dos experimentos establecidos durante 2001 en Díaz Ordaz, Tamaulipas, México, se evaluó el efecto de *Azospirillum brasilense* (cepa UAP154) en el rendimiento de grano del maíz, donde no se observaron diferencias significativas. Sin embargo, la inoculación de *A. brasilense* incrementó el rendimiento de grano en comparación con el testigo no fertilizado ni inoculado, además se pudo observar que en promedio en los dos experimentos, se incrementó la relación beneficio/costo 56 % (García et al. 2011).

La inoculación de maíz con *A. brasilense*, ayuda a que la planta tenga un mayor desarrollo tanto de la planta como de los granos en condiciones de estrés hídrico, esto se pudo determinar gracias a un experimento realizado en Guadalajara, México, en la cual se realizó la inoculación de la bacteria *Azospirillum brasilense* para aumentar la tolerancia a la sequía en maíz, se analizaron las diferencias fenotípicas observadas en cada planta con respecto al testigo y se pudo observar que las plantas infectadas por la bacteria presentaron en general mayor peso de tallo, peso de mazorcas, longitud y % jugo con respecto a los testigos (Zarazúa et al.).

Mediante un experimento realizado en el año 2011, en el estado de Guerrero, México, donde se evaluó la respuesta de tres variedades de maíz (VS-535, H-507 y criollo veracruzano) en diferentes dosis de nitrógeno (0, 30, 60 y 90 kg ha⁻¹), con y sin *Azospirillum brasilense*, se observó que en la variedad VS- 535 se registró el mayor rendimiento de grano (5.000 kg ha⁻¹). En las dosis de 0, 30, 60 y 90 kg ha⁻¹ de N se registraron 4.000,38; 4.000,36; 4.000,81 y 4.000,93 kg ha⁻¹, respectivamente. La diferencia entre aplicar o no *Azospirillum brasilense*, fue de 1.000,47 kg ha⁻¹ (González et al. 2011).

2.3.1 Experimentos relacionados a la inoculación de *Azospirillum sp.*

Faggiol et al. (2003), evaluaron el efecto de la inoculación de *Pseudomonas fluorescens* y *Azospirillum brasilense*, en el cultivo de maíz, para el efecto las semillas de maíz fueron inoculadas con dos diferentes dosis de inoculantes, para ambos tratamientos de inoculación la proporción de raíces fue aproximadamente un 20% superior al testigo. Este hecho es muy importante para el buen establecimiento del cultivo, debido a que con un sistema radicular abundante hay menor probabilidad de sufrir deficiencias hídricas y un mejor anclaje. Adicionalmente, la mayor densidad de

raíces les permite a las plántulas acceder a un mayor volumen de suelo y llegar a aquellos nutrientes de baja movilidad, como por ejemplo el fósforo.

En un ensayo realizado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Asunción, se determinó el efecto de la inoculación de semillas de maíz híbrido AS 1570, con *Azospirillum brasilense*, donde la altura de la planta no presentó diferencias significativas con respecto a los tratamientos, sin embargo se obtuvo un mayor rendimiento con la inoculación, 2.250 kg ha⁻¹, con respecto al testigo (Díaz, 2014).

Así mismo, Naber (2012), mediante un experimento realizado en el departamento de Misiones, Paraguay. Donde evaluó el sinergismo entre *Azospirillum brasilense* y nitrógeno sobre el rendimiento de maíz, específicamente de la variedad BR 106, pudo determinar que el mejor rendimiento, 6.462 kg ha⁻¹ se obtuvo con la inoculación de las semillas con *Azospirillum brasilense* más 80 kg ha⁻¹ de N.

Britez (2013), sugiere realizar más experimentos con respecto a la utilización de inoculante a base de *Azospirillum brasilense* asociado al nitrógeno en el cultivo de maíz, para determinar el punto de eficiencia de la misma, teniendo en cuenta que en su experimento realizado en el Departamento de Cordillera, Paraguay, no observo diferencias significativa con respecto a sus tratamientos, sin embargo pudo observar una tendencia positiva en las variables con la inoculación con *Azospirillum brasilense*.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Local del experimento

El experimento fue realizado en la propiedad del productor Alejandro Duarte Sanabria, ubicada a 330 kilómetros de Asunción, en el Distrito Ybyrarobana, localizado entre los Distritos de Santo Domingo e Yjhovy del Departamento de Canindeyú (Figura 1).



Figura 1. Imagen satelital de la parcela experimental obtenida de Google earth del Distrito Ybyrarobana, en el mapa de Paraguay.

3.1.1 Características climáticas y edafológicas

El distrito de Ybyrarobana cuenta con un clima subtropical, la temperatura media es de 21 °C; la mínima llega a 0°C entre julio a agosto y la máxima a 39°C en enero. La precipitación media anual llega a 1.800 mm.

La parcela experimental estaba situada sobre un terreno con topografía plana, el suelo era de textura arenosa, con una fertilidad media, con contenido de materia orgánica baja y con pH 5,5.

Las condiciones climáticas durante la conducción del experimento (setiembre 2015 hasta febrero 2016), fueron favorables para el desarrollo del cultivo, principalmente en la distribución de la lluvia (Tabla 1).

Teniendo en cuenta que el cultivo del maíz para completar su ciclo vegetativo y expresar su potencial productivo tiene una necesidad hídrica entre 600-800 mm y es fundamental que no le falte agua durante la germinación y la floración, la falta de agua y nutrientes, principalmente nitrógeno, durante la etapa de floración y llenado de grano perjudica la cosecha de forma irreversible y en cuando a la temperatura, requiere entre 14 y 29 °C (MAG).

Tabla 1. Precipitación total (medida con un pluviómetro instalado en la parcela experimental) y medias de temperatura (máxima y mínima) registradas durante el periodo de la ejecución del experimento (setiembre 2015 hasta febrero 2016).

Meses	Precipitación total (mm)	Temperatura	
		Mínima (°C)	Máxima (°C)
Septiembre	38	17,1	29,3
Octubre	119	20,1	30,4
Noviembre	376	20,8	28,8
Diciembre	383	21,9	30,3
Enero	150,5	22,7	32
Febrero	70	22,8	32,4

La temperatura que se presentó durante el ciclo del experimento ha sido muy variado (Tabla 1), registrando temperaturas máximas de hasta 32,4 °C y mínimas de 17 °C, sin embargo estas temperaturas son favorables para el buen desarrollo del cultivo.

La precipitación total registrada durante el ciclo del experimento fue de 1.136 mm, de acuerdo a estos datos y teniendo en cuenta los datos históricos de precipitación media, 726 mm registrada (mismo lapso de tiempo) de los últimos 5 años en la estación meteorológica ubicada en la zona (campo experimental Yjhovy), la precipitación presentada durante el experimento fue relativamente alta en relación a datos históricos, lo cual podría influir en los resultados finales del experimento (Figura 2).

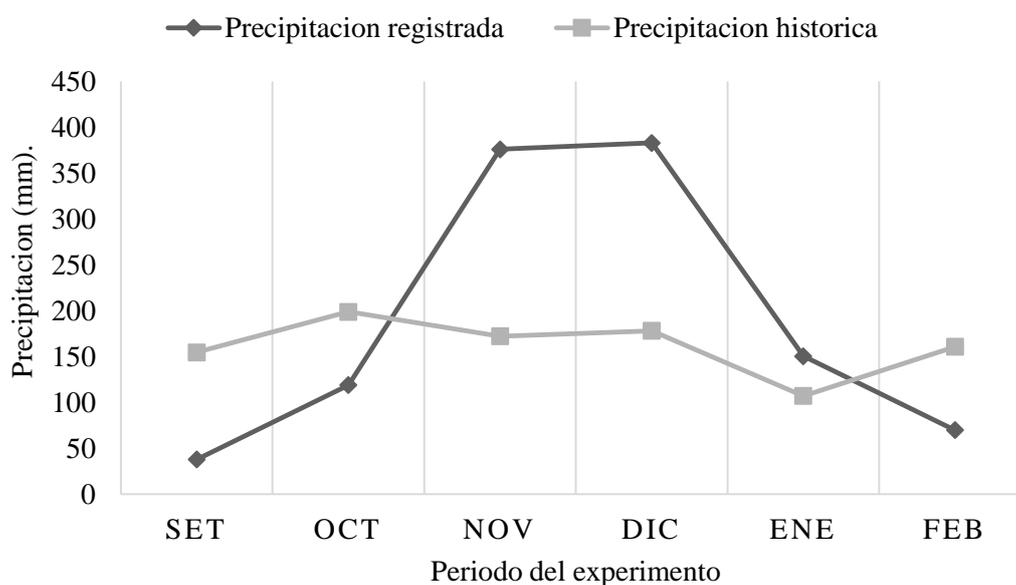


Figura 2. Precipitación mensual ocurrida durante el ciclo del experimento (setiembre de 2015 hasta febrero de 2016), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento y media histórica (2009-2014).

Fuente: IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria). Datos climáticos del campo experimental Yjhovy.

Para la determinación de las características físico-químicas de la parcela experimental fue extraída una muestra de suelo antes del inicio del experimento, la muestra fue enviada al laboratorio del Área Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNA, donde se realizó su análisis (Tabla 2).

El suelo donde se implantó el experimento está clasificado como un Arenic Rhodic Paleudult (López et al. 1995), en general la parcela presenta condiciones

apropiadas para la explotación agrícola, dicha afirmación se basa en las propiedades físicas-químicas que presenta el suelo (Tabla 2) y por los antecedentes de la parcela, según el propietario del terreno (Alejandro Duarte).

Tabla 2. Características físicas y químicas del suelo de la parcela experimental.

Prof.	pH	M.O.	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	P	Text
cm.	Agua	%cmolc.dm ⁻³				mg kg ⁻¹		
0-20	5,08	0,9	0,02	1,0	0,29	0,11	0,63	9,0	A

Extractores: pH= Agua; P y K+= Mehlich-1; Ca⁺² + Mg⁺² y Al⁺³ = KCl 1Mol L-1; a= arenoso

3.2 Recursos materiales y equipos técnicos

Materiales de campo: azada, machete, carretillas, bolsas, rastrillos, estacas, hilo ferretería, pala, etc.

Material biológico: Semillas, se utilizará un lote de semillas de maíz variedad Avati moroti (chipá), con un ciclo de 150 días. Inoculante, se adquirió el inoculante líquido a base de *Azospirillum brasilense*, *Bradirizobium japonicum* y *Pseudomonas fluorescens*, el cual se utilizó para la inoculación de semillas de acuerdo a la dosis recomendada.

Materiales de gabinete: cinta métrica, bolígrafo, hojas, computadora, impresora, balanza electrónica, calculadora, cámaras fotográficas, etc.

Fertilizantes: Urea (45-0-0), súper fosfato triple, cloruro de potasio, cal agrícola.

3.3. Diseño para la recolección de datos

Los tratamientos consistieron en la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno, con y sin inoculación de *Azospirillum brasilense*. En cuanto a los demás fertilizantes se hizo una aplicación base según el resultado de los análisis de suelo y necesidad del cultivo. El nitrógeno se aplicó en forma fraccionada en dos oportunidades (siembra y 45 días después de la siembra), la fuente de nitrógeno utilizado fue la urea. Se empleó semillas sin tratamiento químico y la inoculación se realizó en el momento de la siembra empleando un diseño experimental de bloques

completos al azar con arreglo factorial en parcelas divididas, siendo el factor 1 la aplicación o no de *Azospirillum* y el factor 2, seis dosis de nitrógeno, en el campo el diseño estuvo dispuesto en forma de bloques completos al azar, totalizando doce tratamientos con cuatro repeticiones, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Tratamientos que fue utilizado en el experimento, Canindeyú, Paraguay, 2016.

Tratamientos	Descripción	
	<i>Azospirillum brasilense</i>	Dosis de N (kg ha ⁻¹)
T1	Sin	0
T2	Sin	30
T3	Sin	60
T4	Sin	90
T5	Sin	120
T6	Sin	150
T7	Con	0
T8	Con	30
T9	Con	60
T10	Con	90
T11	Con	120
T12	Con	150

*Dosis recomendada del inoculante: 3 mL kg⁻¹ de semilla de maíz

3.4 Población de unidades y variables de medición

Las unidades experimentales (UE) consistieron en parcelas de 5 m x 3,5 m, con una superficie de 17,5 m² y el área experimental (AE) de 840 m². La siembra se realizó con un espaciamiento de 0,70 m entre hileras y 0,25 m entre plantas.

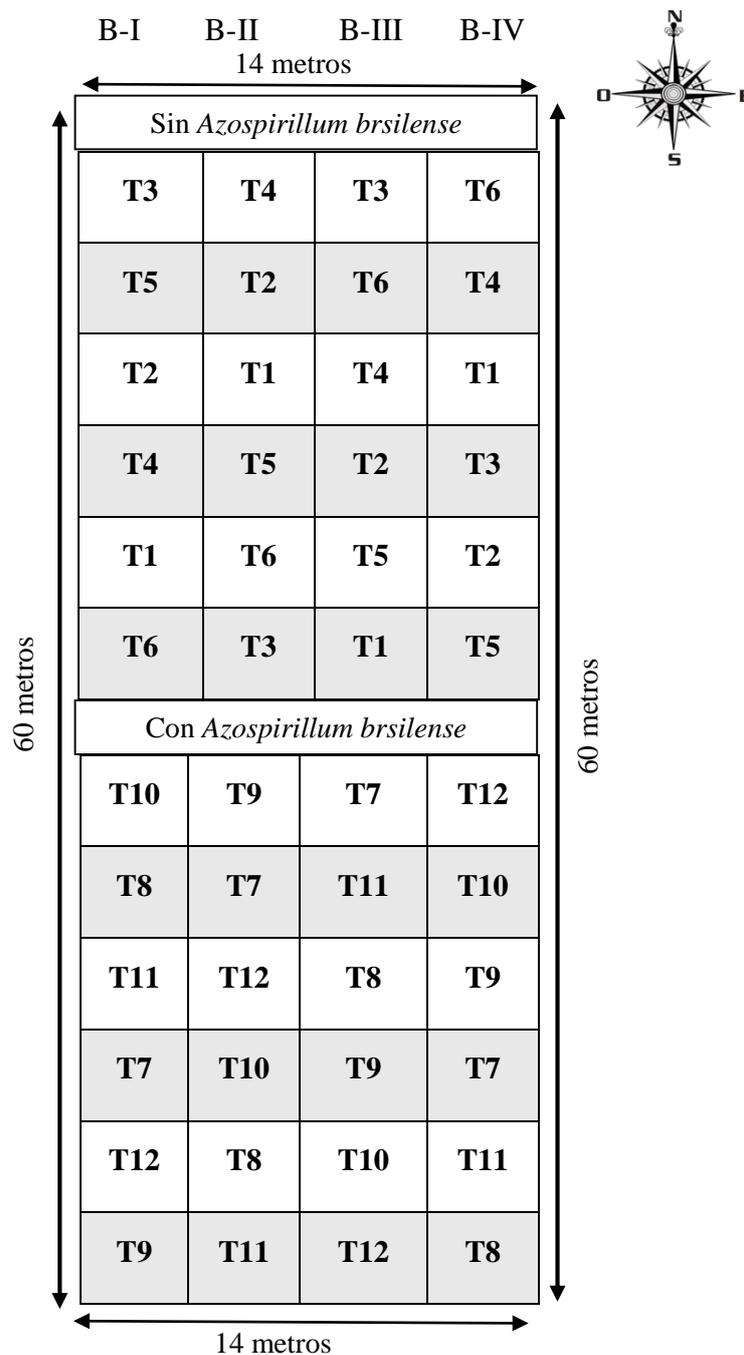


Figura 3. Distribución de tratamientos en el área experimental. Canindeyú, Paraguay, 2016

3.5 Implantación y manejo del experimento

Antes de la implantación del experimento se realizó un muestreo del suelo, la muestra fue tomada a una profundidad de 0 a 20 cm, embolsada, etiquetada y llevada al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias para su análisis.

3.5.1 Preparación del terreno

El terreno fue preparado en forma convencional, primeramente se procedió a limpiar el terreno de forma manual eliminando los restos de cultivos, malezas, etc., despejando completamente el área, posteriormente se realizó una arada, un mes antes de la siembra y una rastreada momentos antes de la siembra.

3.5.2 Inoculación de los granos

Se empleó semillas sin tratamiento químico y la inoculación se realizó en el momento de la siembra y la dosis 100 % de *Azospirillum* de acuerdo a la recomendada por el fabricante (3 mL kg⁻¹ semilla de maíz)

3.5.3 Fertilización química

Se aplicó nitrógeno en dos oportunidades, en siembra y en cobertura a los 30 a 45 días según recomendación, también se aplicó otros fertilizantes de acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de suelos, estas aplicaciones fueron realizadas en el momento de la siembra teniendo en cuenta el requerimiento nutricional del cultivo.

3.5.4 Variedad de maíz y época de siembra

La variedad utilizada fue Avati moroti, es una variedad rústica, posee alta estabilidad y la misma puede ser sembrada en todas las zonas productoras, se adapta a suelos de baja fertilidad y es tolerante a la sequía, además responde de buena manera a la aplicación de fertilizantes, su época de siembra va desde julio a octubre (MAG 2010).

La siembra fue realizada en la segunda quincena de setiembre, utilizando semillas sin tratamientos químicos.

3.5.5 Densidad de siembra

Atendiendo a las recomendaciones técnicas de espaciamiento por el MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), en este experimento se usó un espaciamiento

de 0,25 m entre plantas y 0,70 m entre hileras con 1 semillas por hoyo según la recomendación, totalizando una población de 4.800 plantas en 840 m².

3.5.6 Método de siembra

La siembra se realizó en forma manual a una profundidad de 3-4 cm aproximadamente, para hacer los hoyos se utilizó matraca, sembrando una semilla por hoyo.

3.5.7 Cuidados culturales

Los cuidados culturales se realizaron de forma manual, utilizando azada, machete, etc., de acuerdo a la incidencia de malezas que presento las parcelas experimentales se realizó las carpidas.

3.5.8 Cosecha

La cosecha fue realizada durante la primera quincena de febrero, una vez que el cultivo completo su ciclo (150 días), de forma manual, cosechando las hileras centrales de cada unidad experimental,

3.6 Métodos de control de calidad de los datos

Después de cada levantamiento de datos de la fuente primaria, según el cronograma establecido previamente, se verificó la consistencia y la calidad de los mismos por medio de análisis y técnicas comúnmente aplicadas con ese propósito. Algunas de las unidades de observación o parcelas de datos que registraron valores de ciertas variables que no responden al estándar y fueron dudosas, porque se distancian de los límites reales esperados, se verificó y se volvió a medir.

3.7 Variables evaluadas

Número de espigas por planta: Se evaluaron doce plantas de cada unidad experimental escogidas al azar al momento de la cosecha y se contó el número de espigas que poseían.

Diámetro del tallo: Se evaluó doce plantas de cada unidad experimental que fueron escogidas al azar al momento de las cosechas, se midió el tallo con un paquímetro y los resultados fueron expresados en milímetro.

Longitud de espigas: Se evaluaron doce mazorcas provenientes de plantas de cada unidad experimental que fueron escogidas al azar, posteriormente fueron medidas con cinta métrica y los resultados expresados en centímetros.

Diámetro de las espigas: Se evaluó doce mazorcas de cada unidad experimental que fueron escogidas, posteriormente fueron medidas con un paquímetro el diámetro de las espigas y los resultados fueron expresados en milímetros.

Número de hilera: Se evaluó doce mazorcas provenientes de plantas de cada unidad experimental que fueron escogidas al azar, y se procedió a contar el número de hileras que poseía las mazorcas.

Rendimiento del grano de maíz: las espigas fueron cosechas de forma manual de las hileras centrales (un total 2,1 m² de área) y las mismas fueron desgranadas a mano una vez que estuvieron bien secas, luego se pesó los granos en una balanza electrónica determinando el peso por unidad experimental extrapolándose los resultados en kg ha⁻¹

Peso de mil granos: de las mazorcas seleccionadas de cada unidad experimental se sacó una muestra de 1000 granos y se determinó su peso en gramos.

Peso hectolítrico: Se pesó la cantidad de granos que entra en un recipiente de 100 ml, y el resultado expresado en gramos por hectolitro.

Rentabilidad: se realizó una relación entre el costo de producción de cada tratamiento y el ingreso neto o ganancia, posteriormente el producto resultante fue multiplicado por 100, expresándose el resultado en porcentaje (%).

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ganancia}}{\text{Costo total}} \times 100$$

3.8 Análisis de datos

Los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA) y las medias de cada tratamiento, para cada una de las variables, cuando detectado diferencias significativas entre los tratamientos comparados y posteriormente se realizó las comparaciones de medias con el Test de Tukey al 5 % de probabilidad para categorizar a los tratamientos.

Los resultados obtenidos fueron presentados e interpretados mediante tablas y figuras.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2 Diámetro del tallo

En la Tabla 4 se presentan los valores de la variable diámetro del tallo, de acuerdo al análisis de varianza (Anexo 1), no existe diferencia significativa en la aplicación de *Azospirillum brasilense*, pero numéricamente con la aplicación de *Azospirillum brasilense* se obtuvo mayor resultado en esta variable, con un promedio de 18,1 cm de diámetro de tallo, en cambio con los tratamientos sin *Azospirillum brasilense* se obtuvo en promedio 17,7 cm de diámetro del tallo.

Según la Tabla 4 la aplicación de dosis de N no presentó diferencias significativas para la variable de diámetro del tallo. Donde el promedio más alto numéricamente (18,5 mm), se obtuvo con el tratamiento de 150 kg ha⁻¹ de N, con una diferencia de 1,1 mm en relación al testigo.

La combinación de los factores estudiados no presentó interacción para la variable diámetro de tallo, teniendo como resultado un promedio general de 17,9 cm de diámetro de tallo.

González (2016), evaluó la misma variedad de maíz sometida a diferentes dosis de nitrógeno, tampoco observó diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno para la variable diámetro de tallo, siendo el mayor resultado de 21,3 cm con una dosis de 120 kg ha⁻¹ de N.

Resultados semejantes fueron obtenidos en un experimento realizado por Melo (2014), quién evaluó el diámetro de tallo del maíz, sometido a diferentes dosis de nitrógeno con la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, en cuyos resultados observó que las medias de diámetro del tallo no presentan diferencias

significativas, tanto entre las dosis de N como con la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, sin embargo pudo observar una tendencia de aumento del diámetro del tallo a medida que se incrementó la dosis de N, donde el mayor promedio, 24,2 mm de diámetro se obtuvo con una dosis de 160 kg ha⁻¹ de N.

Tabla 4. Medias de la variable correspondiente al número de espigas por planta de maíz y diámetro del tallo (cm) sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Inoculante (Factor A)	Niveles (%)	Numero de espigas por planta	Diámetro del Tallo (mm)
Sin <i>Azospirillum brasilense</i>	0	1,3 b	17,7 a
Con <i>Azospirillum brasilense</i>	100	1,9 a	18,1 a
Media		1,6	17,9
Dosis de N (Factor B)	kg ha ⁻¹		
T1	0	1,4 c	17,4 a
T2	30	1,5 bc	17,6 a
T3	60	1,5 bc	17,8 a
T4	90	1,6 ab	17,9 a
T5	120	1,8 a	18,0 a
T6	150	1,8 a	18,5 a
Media		1,6	17,9
Coeficiente de variación (%)		8,5	5,7

En las columnas, medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí estadísticamente por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Así mismo, Basi (2013), quién en un experimento evaluó diferentes sistemas de inoculación de *Azospirillum brasilense* combinado con dosis de nitrógeno en cobertura en el cultivo de maíz, no observó diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tallo tanto en la forma de inoculación ni entre las dosis de nitrógeno, siendo el mayor promedio, 22,5 mm de diámetro obtenido con una dosis de 300 kg ha⁻¹ de N.

4.3 Número de espigas por planta

En la Tabla 4 se observan los resultados correspondientes a la variable de número de espigas por planta, obtenidas en mediciones realizadas momentos antes de la cosecha del cultivo de maíz, las cuales fueron sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

El análisis estadístico reporta que hubo diferencias estadísticamente significativas con la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

En los tratamientos que recibieron la aplicación del inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, se obtuvo en promedio 1,9 espigas por planta, superando de esta manera a los tratamientos que no recibieron la aplicación del inoculante en un 1,3 espigas por planta en promedio (Tabla 4).

En la Figura 4 se presentan las medias de número de espigas obtenidos con la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno.

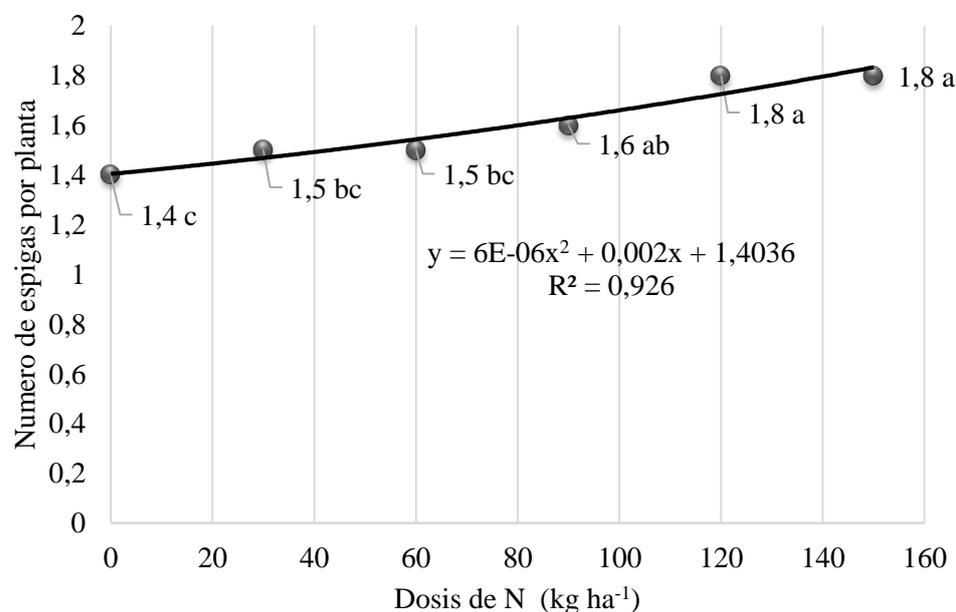


Figura 4. Número espigas por planta sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Según la Figura 4 y el Anexo 2, para la variable número espigas por planta, con respecto a las dosis de nitrógeno, el análisis estadístico, reportó que hubo diferencia estadísticamente significativa entre las dosis de nitrógeno, sin embargo, en cuando a la combinación de los factores estudiados no se encontró interacción, lo que demuestra que los factores actuaron de forma independiente para los resultados de esta variable (Anexo 2).

Entre los tratamientos que recibieron diferentes dosis de nitrógeno, los tratamientos con mayores dosis (T5 y T6), con 120 kg ha^{-1} y 150 kg ha^{-1} de N respectivamente, son iguales tanto estadísticamente como numéricamente, los dos presentaron en promedio 1,8 espigas por planta, superando de esta manera al testigo en 0,4 espigas por planta.

Los tratamientos con menores dosis de N (T2 y T3), 30 kg ha^{-1} y 60 kg ha^{-1} respectivamente, no presentaron diferencias estadísticamente significativo con respecto al testigo, en ambos se obtuvo en promedio 1,5 espigas por planta.

El tratamiento 4 (90 kg ha^{-1}), presentó diferencia significativa en relación al testigo, sin embargo no presentó diferencia estadística con los demás tratamientos.

González (2016) en una evolución de dosis de fertilizante nitrogenado en el cultivo de maíz, no encontró diferencias significativas entre las dosis, siendo el promedio más alto numéricamente se obtuvo con una dosis de 120 kg ha^{-1} de N.

4.4 Longitud de la espiga

En la Tabla 5 se observan los resultados que arrojaron las mediciones de la longitud de espiga (cm), diámetro de la espiga (mm) y número de hileras de granos por espiga, que se obtuvieron después de la cosecha del maíz. En la longitud de espiga, el análisis estadístico de esta variable reporta que no hubo diferencias estadísticamente significativa en la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

La combinación de los factores estudiados (Anexo 3) no presentó interacción teniendo como resultado un promedio general de 15,5 cm de longitud de la espiga.

Tampoco se observa diferencias estadísticamente significativas entre las dosis de nitrógeno. Sin embargo, se puede observar una tendencia de aumento de la longitud de espiga a medida que las dosis son incrementadas, siendo que los promedios más altos numéricamente se obtuvieron en los tratamientos 5 y 6 con 120 y 150 kg ha⁻¹ de N respectivamente, ambos con un promedio de 15,9 cm de longitud de la espiga.

Tabla 5. Medias de la variable correspondiente a la longitud de espigas (cm), diámetro del espiga(mm) y número de hileras de granos por espiga, sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Inoculante (Factor A)	Niveles (%)	Longitud de la espiga (cm)	Diámetro de la espiga (mm)	Numero de hilera de granos por espiga
Sin <i>Azospirillum brasilense</i>	0	15,3 a	34,9 a	12,9 b
Con <i>Azospirillum brasilense</i>	100	15,6 a	35,2 a	13,3 a
Media		15,5	35,1	13,1
Dosis de N (Factor B)	kg ha ⁻¹			
T1	0	14,9 a	34,0 b	12,8 a
T2	30	15,1 a	34,9 ab	13,0 a
T3	60	15,6 a	36,2 a	13,0 a
T4	90	15,5 a	35,0 ab	13,1 a
T5	120	15,9 a	34,5 ab	13,1 a
T6	150	15,9 a	35,6 ab	13,6 a
Media		15,5	35,1	13,1
Coefficiente de variación (%)		6,1	4,1	4,7

En las columnas, medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí estadísticamente por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Britez (2013) evaluó la longitud de la espiga de maíz de la variedad karape pyta, sometida a la aplicación de inoculantes a base de *Azospirillum brasilense* con diferentes dosis de nitrógeno y tampoco observó diferencias significativas estadísticamente, con la aplicación del inoculante ni entre las dosis de N, donde la

mayor longitud de espigas en promedio fue 15,9 cm, se dió con una dosis de 80 kg ha⁻¹ de N.

Sin embargo, González (2016) observó diferencias estadísticas en la longitud de la espiga entre las diferentes dosis de N, utilizando la misma variedad de maíz para su experimento.

4.5 Diámetro de la espiga

Los datos del diámetro de la espiga se presentan en la Tabla 5, en la misma se verificó que con la aplicación del inoculante a base de *Azospirillum brasilense* no hubo variación significativa estadísticamente, pero se puede observar que con el inoculante se logra un mayor resultado, en promedio 0,3 cm más en relación a los tratamientos sin inoculante.

Además la combinación de los factores estudiados no presentó interacción (Anexo 4), lo que indica que los factores actuaron de forma independiente para esta variable.

En la Figura 5 se presentan las medias de la variable diámetro de la espiga, obtenido con la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno.

Según la Figura 5 (Anexo 4), los resultados de las medias correspondientes a diámetro de la espiga, reportan diferencias significativas entre las dosis de N.

Entre las dosis de N se obtuvo mayor resultado con el tratamiento 3 (60 kg ha⁻¹), con un promedio de 36,2 mm de diámetro de la espiga, siendo 2,2 mm mayor que el testigo. Los tratamientos 2, 4, 5 y 6 arrojaron resultados iguales estadísticamente tanto con el testigo como con el tratamiento 3.

Resultados similares fueron observados en un experimento donde se evaluó el diámetro de la espiga de maíz, sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación del inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, donde tampoco observó diferencias estadísticamente significativas con la aplicación del inoculante, sin embargo, fueron observadas diferencias a nivel estadístico entre las dosis de nitrógeno, siendo el mayor resultado 52,2 mm de diámetro de la espiga, que se obtuvo con la

mayor dosis de nitrógeno utilizada en el experimento que fue de 160 kg ha⁻¹ de N (Melo 2014).

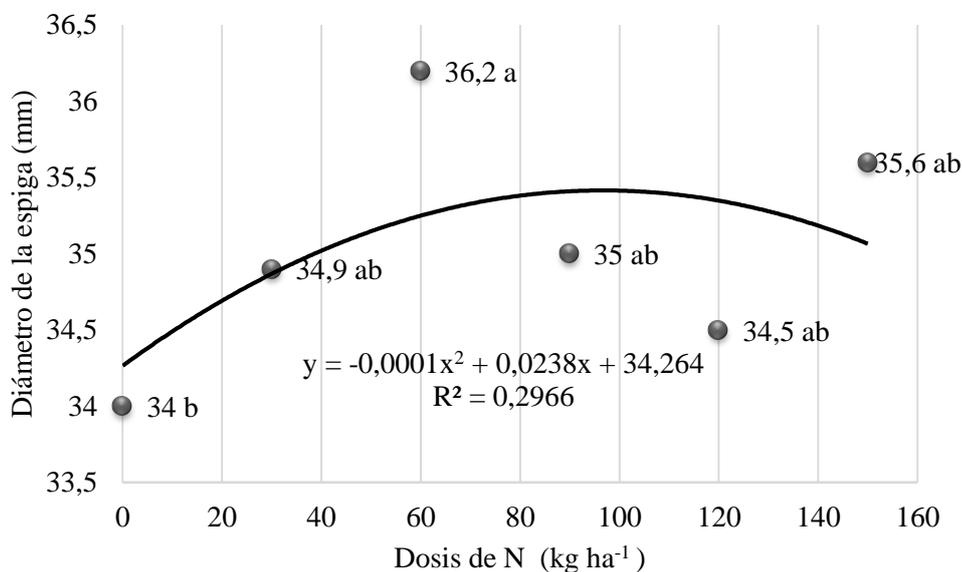


Figura 5. Diámetro de la espigas sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016

Por su parte González (2016), también evaluó el diámetro de la espiga de maíz, de la misma variedad utilizada para este experimento, sin embargo no encontró diferencias estadísticas significativas entre las dosis de nitrógeno, registrando el mayor diámetro 37,1 mm con una dosis de 160 kg ha⁻¹ de N.

4.6 Número de hilera de granos por espiga

El número de hilera de granos por espiga presentó diferencia significativa a nivel estadístico con la aplicación del inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, los tratamientos en las cuales fue aplicado el inoculante, presentaron en promedio un mayor número de hileras (13,3 hilera de granos por espiga), mientras que sin el inoculante se obtuvo 12,9 hilera de granos por espiga en promedio (Tabla 5).

Este resultado indica que con la aplicación del inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, se logró un aumento de 0,4 hileras de granos por espiga en promedio.

Sin embargo en un experimento donde también se evaluó el número de hilera de granos por espiga, sometida a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense* en el cultivo de maíz, no se observó diferencias significativas con aplicación del inoculante, siendo en promedio el resultado más alto de 15,8 hileras de granos por espiga (Melo 2014).

La aplicación de dosis de N no presentó diferencias significativas para número de hilera de granos por espiga. Sin embargo, a medida que las dosis fueron incrementadas se pudo observar una tendencia de aumento en el número de hilera de granos, siendo el resultado promedio más alto 13,6 hileras de granos por espiga que se obtuvo con la dosis más alta (150 kg ha⁻¹ de N), superando al testigo en 0,8 hileras de granos por espiga.

Basi (2013), también evaluó el número de hileras por espiga de maíz, sometidas a diferentes formas de inoculación de *Azospirillum brasilense* con diferentes dosis de nitrógeno en cobertura, tampoco observó diferencias significativas tanto en la forma de inoculación ni entre las dosis de nitrógeno, siendo el mayor resultado obtenido de 17,3 hileras de granos por espiga, con una dosis de 150 kg ha⁻¹ de N en cobertura con inoculación de *Azospirillum brasilense* en surco.

4.7 Peso hectolítrico y peso de 1000 granos

Los datos del peso hectolitro se presentan en la Tabla 6, donde se verifica que las medias del peso hectolítrico, tanto en la aplicación de inoculantes a base de *Azospirillum brasilense* como entre las dosis de N, no hubo diferencias significativas estadísticamente y la combinación de estos factores no presentaron interacción para la variable de Peso hectolítrico (Anexo 6).

Con respecto a los datos de peso mil granos del maíz, que también se presentan en la Tabla 6, se puede observar que no hubo diferencias significativas a nivel estadístico en los dos factores estudiados, tanto en la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense* como entre las dosis de N aplicadas, tampoco hubo interacción entre las mismas (Anexo 7). Sin embargo, se puede observar que aplicando inoculante a base de *Azospirillum brasilense* se logró alcanzar numéricamente un

promedio mayor en peso de mil granos con 0,5 gramos más que los tratamientos que no recibieron la aplicación del inoculante.

Tabla 6. Medias de la variable correspondiente a Peso hectolítrico (kg/ hL) y Peso de mil granos (g), sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016

Inoculante (Factor A)	Niveles (%)	Peso hectolítrico (kg/ hL)	Peso de mil granos (g)
Sin <i>Azospirillum brasilense</i>	0	69, a	185,2 a
Con <i>Azospirillum brasilense</i>	100	69,2 a	194,6 a
Media		69,5	189,9
Dosis de N (Factor B)	kg ha ⁻¹		
T1	0	68,5 a	188,3 a
T2	30	70,4 a	190,5 a
T3	60	70,3 a	198,2 a
T4	90	70,5 a	179,0 a
T5	120	66,5 a	193,1 a
T6	150	70,7 a	190,5 a
Media		69,5	189,9
Coefficiente de variación (%)		4,5	14.,1

En las columnas, medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí estadísticamente por el Test de Tuckey al 5% de probabilidad de error.

En la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno, como se puede apreciar en la Tabla 5, el mayor peso de mil granos se alcanzó con la dosis de 60 kg/ha de N (T3), con 198,2 g de mil granos de maíz, numéricamente superior a lo obtenido por el testigo que fue de 188,3 g.

Melo (2014), evaluó el peso de mil granos de maíz tratado con diferentes dosis de nitrógeno con aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, reportando diferencias significativas, en cuanto a peso de mil granos, donde el mayor (316,7 gramos) resultó de la utilización de una dosis de 160 kg ha⁻¹ de N.

En otro experimento realizado en Brasil, donde se evaluó también el peso de mil granos de maíz, con la inoculación de *Azospirillum brasilense* y cinco dosis de nitrógeno (0, 75, 150, 225 y 300 kg ha⁻¹ de N en cobertura), tampoco se observó diferencias estadísticas significativas en ambos factores, sin embargo en los resultados hubo una tendencia de aumento en el peso de mil granos, a medida que se incrementó la dosis de N, donde el mayor peso de mil granos que fue de 296 kg ha⁻¹, se alcanzó utilizando una dosis de 150 kg ha⁻¹ de N en cobertura, mayor a esta dosis el peso de mil granos fue decreciendo (Basi 2013).

Tanto Melo (2014) como Basi (2013), obtuvieron resultados similares a los obtenidos en este experimento, donde la dosis de nitrógeno no presentó diferencias estadísticas significativas para la variable de 1000 granos, sin embargo, Bulla et al. (2011), sostienen que el aumento de la dosis de nitrógeno en el cultivo de maíz proporcionó la formación de granos con mayor peso, efecto que no se observó en este experimento.

Para esta afirmación (Bulla et al. 2011) se basaron en el experimento donde evaluaron el peso de mil granos de maíz, al utilizar *Azospirillum brasilense* combinado con cinco dosis de N (0, 40, 80, 135 Y 200 kg ha⁻¹ de N en cobertura), donde no observaron diferencias significativa con la inoculación de *Azospirillum brasilense* ni tampoco interacción entre la inoculación y la dosis de nitrógeno, solamente la aplicación de dosis de nitrógeno presentó efecto significativo a nivel estadístico.

La falta de diferencias significativas en los resultados obtenidos en las variables de Peso hectolítrico y Peso de 1000 granos, podrían deberse a las altas precipitaciones registradas (Figura 3) días después de la segunda aplicación de la dosis de nitrógeno (8 de Noviembre), lo que pudo causar pérdidas del nitrógeno por lavado, teniendo en cuenta que el suelo donde fue instalado el experimento, presentaba una textura arenosa.

4.8 Rendimiento de granos de maíz

En la Tabla 7, se presentan los resultados correspondientes al rendimiento de granos, de acuerdo al análisis de varianza. Se verifica que la aplicación de inoculante presentó diferencias significativas, además los factores estudiados en este ensayo no

presentaron interacción (Anexo 8), lo que indica que los factores actuaron de forma independiente para el rendimiento de granos.

Tabla 7. Medias de la variable correspondiente a rendimiento de granos de maíz (kg ha⁻¹), sometidas a diferentes dosis de Nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Inoculante (Factor A)	Niveles (%)	Rendimiento (kg ha ⁻¹).
Sin <i>Azospirillum brasilense</i>	0	3.070 b
Con <i>Azospirillum brasilense</i>	100	3.437a
Media		3.253,5
Coefficiente de variación (%)		15,5

En las columnas, medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí estadísticamente por el Test de Tuckey al 5% de probabilidad de error

Los tratamientos con inoculante a base de *Azospirillum brasilense* presentaron en promedio un rendimiento mayor (3.437 kg ha⁻¹), con respecto a los tratamientos que no recibieron la aplicación del inoculante a base de *Azospirillum brasilense* (3.070 kg ha⁻¹), esto representa en promedio 367 kg ha⁻¹ menos en relación a los resultados obtenidos en los tratamientos con inoculante.

Con estos resultados se aprueba la hipótesis planteada en el experimento de que con la aplicación del inoculante a base de *Azospirillum brasilense* se obtendría el mayor rendimiento del cultivo.

Este resultado concuerda con un experimento de larga duración que se realizó en el Brasil, donde se observó durante 20 años el efecto de *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum* en el cultivo de maíz. Y donde se pudo constatar que con la aplicación de estos inoculantes se logró un incremento en la producción de granos entre 5% a 30% (Araujo citado por Fancelli 2010).

Otro resultado positivo con respecto a la utilización de *Azospirillum brasilense* y similar al resultado que se obtuvo en este experimento fue en el ensayo realizado en Argentina, con 273 experimentos consistente en la inoculación de *Azospirillum brasilense* en el cultivo de maíz, donde el 85% de los casos respondieron

significativamente al inoculante, con un aumento promedio en la productividad de 472 kg ha⁻¹ (Díaz-Zorita et al. 2008).

Así también, Cavallet et al. (2000), en un experimento donde evaluaron el efecto de fertilizantes nitrogenado con inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, observaron un aumento en el rendimiento de 5.212 kg ha⁻¹ para 5.469 kg ha⁻¹, lo que representó un aumento medio de 17%.

Resultados similares también fueron reportados por Hungría (2004), en un ensayo realizado para determinar el nivel de rendimiento del maíz con la inoculación de *Azospirillum brasilense*, quien determinó que con una fertilización de 24 kg ha⁻¹ de N en el momento de la siembra con la inoculación de *Azospirillum brasilense* aumentó el rendimiento de 662 a 823 kg ha⁻¹, lo que corresponde a un incremento de 24 % a 30%.

Los resultados expuestos anteriormente, concuerdan con los resultados obtenidos en este experimento, donde se demostró que con la utilización de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, se obtienen mayores resultados con respecto al rendimiento de granos de maíz.

Por otro lado, Janke et al. (2011), quienes evaluaron el rendimiento del maíz en respuesta a la inoculación de *Azospirillum brasilense* y la fertilización nitrogenada en diferentes momentos (en siembra y en cobertura), no observaron diferencias significativas con respecto al inoculante, a pesar de que la inoculación generó un aumento el rendimiento del maíz. Con respecto al momento de la fertilización nitrogenada, pudieron concluir que con la aplicación de nitrógeno en cobertura (a los 30 días después de la siembra) se obtuvo mayor rendimiento (8.796 kg ha⁻¹), con una dosis de 70 kg ha⁻¹ de N.

En otro experimento realizado en Brasil, donde se evaluó el rendimiento del maíz sometido a diferentes métodos de inoculación de *Azospirillum brasilense* (en semilla, surco y vía foliar), con tres dosis de nitrógeno (0, 40 y 80 kg ha⁻¹) aplicado en cobertura, tampoco se observó diferencias significativas en el rendimiento, tanto entre las dosis de nitrógeno como entre los métodos de inoculación, sin embargo se observó un mayor rendimiento de 7.330 kg ha⁻¹, con la inoculación en surco con una dosis de 40 kg ha⁻¹ de N en cobertura, lo que representó un aumento del 32% en relación al testigo (Pacheco 2015).

A pesar de que no todos los resultados reportan diferencias significativas con respecto a la ultimación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, se puede observar que en todos los resultados, su utilización generó aumento en el rendimiento.

En la Figura 6, (Anexo 8) se representa el rendimiento de los granos de maíz sometidos a diferentes dosis del nitrógeno, con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. De acuerdo al análisis estadístico, se puede observar que entre las dosis de nitrógeno hubo diferencia estadísticamente significativa, donde la dosis más alta (150 kg ha⁻¹ de N), presentó un mayor rendimiento promedio (3.980 kg ha⁻¹) de granos de maíz, superando al testigo en 1.117 kg ha⁻¹ de granos de maíz.

Los rendimientos para los tratamientos aplicados estuvieron entre 2.862 y 3.979 kg ha⁻¹, estos resultados superan a los rendimientos promedios registrados para esta variedad, donde el promedio a nivel país es de 1.062 kg ha⁻¹ y departamental 1.140 kg ha⁻¹ (MAG 2010). Sin embargo, según ensayos realizados por el IPTA (2013), para esta variedad se registró un rendimiento promedio de 4000 kg ha⁻¹, así mismo IICA (2013), reporta un rendimiento promedio de 5.200 kg ha⁻¹

Los altos rendimientos de los granos podrían justificarse, en cierta manera a la utilización de inoculante, sin embargo, Hungria (2011), sostiene que la respuesta de las gramíneas a la inoculación puede ser influenciada por las características genéticas de las plantas, las cepas, y las condiciones ambientales, por lo tanto, los resultados obtenidos en este ensayo, pueden deberse, no solo al inoculante, sino también a la variedad del maíz, a las condiciones ambientales que se presentó durante el desarrollo del cultivo o bien a la cepa del microorganismo inoculado.

Tanto en este ensayo, como en el de otros autores consultados, se verifica que el inoculante tiene un efecto positivo en el rendimiento del maíz, en este sentido; en un artículo publicado Oliveira et al. (2010), afirman que es posible sustituir en un 100% la utilización de fertilizantes nitrogenados en la agricultura familiar o de menor rendimiento por la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense* y para rendimientos mayores se estima eliminar un 50 % la utilización de fertilizante nitrogenados.

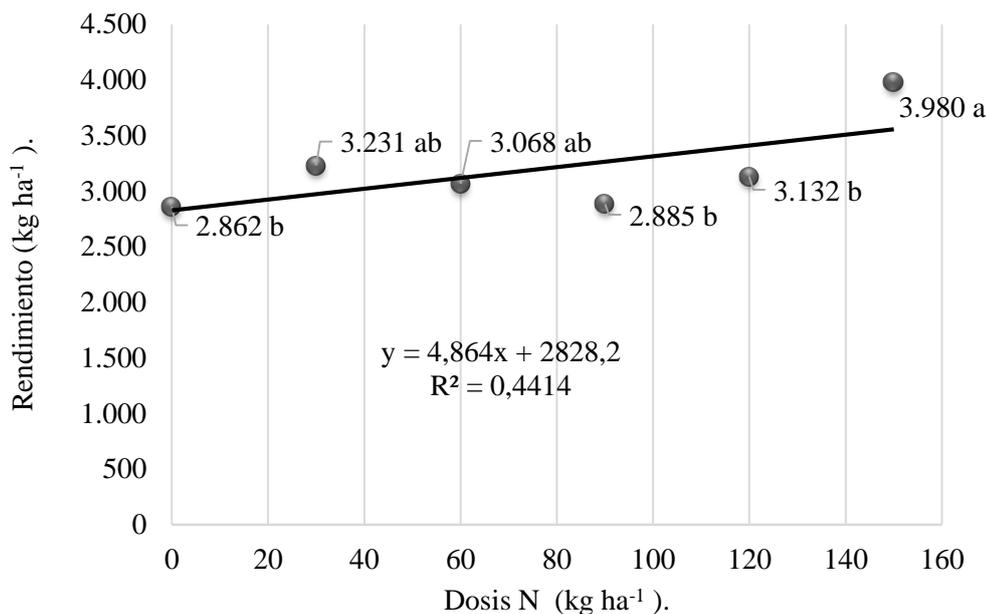


Figura 6. Medias de la variable correspondiente a rendimiento de granos de maíz, sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

En este ensayo se puede observar que con la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, numéricamente el rendimiento de granos aumentó en un promedio de 367 kg ha⁻¹.

De acuerdo a un experimento realizado en el Brasil, donde se evaluó el efecto de la inoculación de *Azospirillum brasilense* con diferentes dosis de nitrógeno en cobertura, con respecto al rendimiento de los granos no hubo interacción entre la inoculación y las dosis de nitrógeno, sin embargo hubo efecto de forma aislada de los factores, donde la inoculación de *Azospirillum brasilense*, promueve el aumento del rendimiento de los granos en un 4,5% considerando la media de las cinco dosis de nitrógeno evaluado (0, 40, 80, 135 y 200 kg ha⁻¹ de N) (Bulla 2011).

4.9 Rentabilidad del cultivo de maíz

En Tabla 8 se presenta la rentabilidad del cultivo de maíz estudiado bajo diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, considerando para cada tratamiento el costo de producción, el rendimiento

promedio obtenido y el precio de venta promedio del maíz registrado en el año 2016 según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

La rentabilidad del cultivo de maíz va variando conforme a la variación a la cantidad de fertilizante nitrogenado (Urea) y al inoculante a base de *Azospirillum brasilense* utilizado en cada tratamiento, la utilización de estos insumos genera un aumento en el costo de producción. Sin embargo el aumento de la dosis de N, se traduce en un aumento de la rentabilidad del cultivo.

En el caso del inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, su aplicación genera un aumento superior en la rentabilidad en relación a los tratamientos sin inoculante. En promedio con la aplicación de inoculante aumenta la rentabilidad en un 16%.

La mejor rentabilidad se generó con la aplicación de inoculante con la mayor dosis de nitrógeno (150 kg ha^{-1}), generando un aumento del 55% de rentabilidad en relación al testigo.

De acuerdo a un experimento realizado en México, donde se evaluó el efecto de la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense* en la rentabilidad del cultivo de maíz, se reportó un aumento promedio de 56 % en la rentabilidad (García et al 2011). Un incremento mucho mayor en relación a la que se obtuvo en este experimento.

Oliveira et al. (2014), de acuerdo al experimento realizado sobre la inoculación vía foliar del cultivo de maíz con *Azospirillum brasilense* asociado a diferentes dosis de nitrógeno, concluye que la inoculación vía foliar a base de *Azospirillum brasilense* reduce el uso de la Urea, lo que representa una mayor rentabilidad del cultivo con el uso del inoculante, teniendo en cuenta que en el experimento se observó una mayor rentabilidad en los tratamiento que solo recibió inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, a pesar de que el rendimiento del maíz incrementa a medida que se aumenta la dosis de nitrógeno, sin embargo el costo de la Urea genera mayor costo de producción comparado con el uso inoculante.

Tabla 8. Rentabilidad del cultivo de maíz (%), sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Tratamiento	Rendimiento	Precio del Maíz (Gs.)	Costo de Producción	Ingreso neto	Rentabilidad (%)
T1: Testigo	2.656	2.500	3.754.228	2.887.022	77
T2: 30 kg ha ⁻¹	3.138	2.500	3.863.728	3.983.022	103
T3: 60 kg ha ⁻¹	3.180	2.500	3.973.228	3.978.522	100
T4: 90 kg ha ⁻¹	2.696	2.500	4.082.728	2.659.022	65
T5: 120 kg ha ⁻¹	2.889	2.500	4.192.228	3.032.272	72
T6: 150 kg ha ⁻¹	3.857	2.500	4.301.728	5.341.272	124
T7: Az.+ 0 kg ha ⁻¹	3.067	2.500	3.881.228	3.788.272	98
T8: Az + 30 kg ha ⁻¹	3.324	2.500	3.990.728	4.319.272	108
T9: Az + 60 kg ha ⁻¹	3.581	2.500	4.100.228	4.852.772	118
T10: Az + 90 kg ha ⁻¹	3.073	2.500	4.209.728	3.474.272	83
T11: Az + 120 kg ha ⁻¹	3.373	2.500	4.319.228	4.115.022	95
T12: Az + 150 kg ha ⁻¹	4.102	2.500	4.428.728	5.826.522	132

Az: *Azospirillum brasilense*

Precio de venta: 2.500 (Gs). MAG (2016).

En un ensayo en la que se evaluó el efecto de la inoculación de *Azospirillum brasilense* y *Herbaspirillum seropedicae* en el cultivo de maíz, se puede observar que con la inoculación de estas bacterias se puede suplir 30 kg ha⁻¹ hasta 90 kg ha⁻¹ de N de la necesidad del cultivo, lo que representa una economía de 75% en fertilizante nitrogenado (Araujo et al. 2013).

De acuerdo a un experimento realizado en el Brasil, donde se evaluó el efecto de la inoculación de *Azospirillum brasilense* en maíz con diferentes dosis de nitrógeno aplicado en cobertura, se concluye que la máxima productividad alcanzada en el maíz sin inoculación, puede ser superado con la inoculación con dosis menores de N en cobertura, proporcionando economía en el uso de fertilizante nitrogenado de 75 kg ha⁻¹ de N (Basi 2013).

Sin embargo Ferraz et al (2014), de acuerdo a los resultados obtenidos en un experimento donde evaluaron el impacto de la inoculación de *Azospirillum brasilense* en la productividad del maíz, con cuatro dosis de N que varía de 0 a 160 kg ha⁻¹, afirma que la inoculación no sustituye el uso de fertilizante nitrogenado, tampoco reduce el

uso de la dosis recomendada, a pesar que en su resultado con la inoculación, hubo aumento de 20% en el rendimiento.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En las condiciones del experimento se concluye que:

Para las variables diámetro del tallo, longitud de espiga, peso hectolítrico y peso de 1000 granos los tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a la aplicación de inoculante de *Azospirillum brasilense* y las dosis de Nitrógeno.

Por otro lado los resultados de las variables número de hileras por espiga y la longitud de espigas, fueron significativas a nivel estadístico con la aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*. Así mismo, el rendimiento de los granos tuvo diferencias significativas tanto con la aplicación del inoculante como con las dosis de Nitrógeno.

Económicamente, los tratamientos que recibieron el inoculante a base de *Azospirillum brasilense* reportaron mayor rentabilidad.

5.2 Recomendaciones

En base a la experiencia y los resultados obtenidos en este ensayo, se recomienda realizar más experimentaciones a campo con inoculantes a base de *Azospirillum brasilense* a nivel país, en los diferentes tipos de suelos de la región paraguaya y de esta manera generar una fuente de información válida, precisa y más acorde a las condiciones edafoclimáticas que se presenta en nuestro país y de esta manera basados en resultados científicos poder definir las dosis adecuada de fertilización nitrogenada en combinación con inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

Además se recomienda la utilización de inoculante para el cultivo de maíz teniendo en cuenta los resultados de este experimento, donde se demuestra que resulta una práctica innovadora para mejorar la producción, generando efectos positivos al rendimiento, mayor rentabilidad y además su uso podría contribuir a minimizar las contaminaciones generados por los fertilizantes nitrogenados.

6 REFERENCIAS

- Abril, A.; Biasutti, C.; Maich, R.; Dubbini, L.; Noe, L. 2006. Inoculación con *Azospirillum spp.* en la región semiárida-central de argentina: factores que afectan la colonización rizosférica. Vol. 24, Núm. 1. Microbiología Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, AR. (en línea). Consultado 23 de nov. 2011. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672006000100002&script=sci_arttext.
- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. La Habana, Cuba. v.30 n.2, p. 1-2. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). (en línea). Consultado 16 de nov. 2015. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000200016&script=sci_arttext.
- Araujo Sampaio, A; Ferreira da Silva, A.; Da Costa de Aguiar, C.A.; Tuão Gava, C.A.; Nogueira, M.A.; Hungria, M.; Vieira Martins, L.M.; Fernandes Júnior, P.I. 2013. Desenvolvimento Vegetativo de Genótipos Superprecoce de Milho Inoculados com *Azospirillum brasilense* em Solos do Semiárido. Fertbio: A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola. Centro de Convenções. Meceio. Alagoas.
- Basi, S. 2013. Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Tesis (Ing. Agr.). Guarapuava, BR. Pós-Grado en Agronomia. universidade estadual do centro-oeste, UNICENTRO. Campus CEDETEG. 19p.
- Beistegui, J.A. 2015. Fertilización en maíz. Área de Desarrollo. CORFO Río Colorado. AR. p 1-6. Consultado 15 de abr 2016. Disponible en: <http://corfo.gob.ar/wp-content/uploads/2015/12/fertilizacionmaiz.pdf>.
- Bulla, D.; Balbinot Junior, A.A. 2011. Inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de Nitrogênio. Londrina. PR. Revista agropecuaria Catarinense. V.25, n.2, p 61-63.
- Britez Quiñonez, A.S. 2013. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de inoculante a base de *Azospirillum brasiliense* en maíz (*Zea mays L.*) Var. Karape pytâ.

- Tesis. Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Dpto. de Suelos y Ordenamiento Territorial, CIA, FCA, UNA, 24-29p.
- Cavallet, L. E.; Dos Santos, C.;Helmich,J.J.; Helmich, P. R.;Ost, C. F.2000. Produtividade do milho em resposta à aplicação de Nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. v.4, n.1, p.129-132.
- CAN (Censo Nacional Agropecuario).2008.Ministerio de Agricultura y ganaderia.Vol.4.Consultado 15 de nov 2016. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/Censo/Book%20Vol4.pdf>.
- CAN (Censo Nacional Agropecuario).2008.Ministerio de Agricultura y ganaderia.Vol.3 141 p.Consultado 29 de abr 2017. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/Censo/Book%20Vol3.pdf>.
- Ciampitti, I; Boxler, M; García, F. 2010. Nutrición de Maíz: Requerimientos y Absorción de Nutrientes.Santa Fe. AR. P.1-5. (en línea). Consultado 22 de jul 2016. Disponible en: [https://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/05CF8009E74668240325780000738249/\\$file/14.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/05CF8009E74668240325780000738249/$file/14.pdf).
- Cubilla, M.;Wendling,A.;Eltz,F.;Amado,T.;Mielniczuk,J.2012. Recomendaciones de fertilización para soja, trigo, maíz y girasol bajo el sistema de siembra directa en el Paraguay. CAPECO.p.14 (en línea). Consultado 16 de abr. 2016. Disponible en: http://capeco.org.py/wp-content/uploads/2015/06/libro-final_recomendaciones-de-fertilizacion-paraguay_2012.pdf.
- Diaz Aquino, Cristian C.,2014. Inoculacion de semillas de maíz (*Zea mays* L.) con *Azospirillum brasiliense* y su relación con el rendimiento.. Tesis. Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Dpto. de Producción Agrícola, CIA, FCA, UNA, 15-18p.
- Díaz-Zorita, M.;Fernandez C.,M. V.2008. Análisis de la producción de cereales inoculados con *Azospirillum brasiliense* en la república Argentina. Asociación Argentina de Microbiología (AAM). Cap.10, 155-164 (en línea). Consultado 20 mar. 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Fabricio_Cassan/publication/215588669_Azospirillum_Cell_physiology_plant_response_agronomic_and_environmental_research_in_Argentina/links/00a9572dcf1fa0ebbc7e1990/Azospirillum-Cell-physiology-plant-response-agronomic-and-environmental-research-in-Argentina.pdf?origin=publication_detail.
- Dorr de Quadros, P. 2009.Inoculacion de *Azospirillum sp* en sementes de Genotipos de maíz cultivados en Rio Grande do Sul .Tesis (Ing. Agr.).Porto Alegre, BR. Pós-Grado en Agronomía. Universidade federal do rio grande do sul facultade de agronomia.

- Eripidez, J.2012. Los minerales en el suelo. Villavicencio.CO. Cap. 2. 25-30p.Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (en línea). Consultado el 21 de nov del 2015. Disponible en: <http://corpomail.corpoica.org.co/bacfiles/bacdigital/61776/61776.pdf#page=59>.
- Fancelli, A. L.2010. Boas práticas para uso eficiente de Fertilizantes. Internacional Plant Nutrition Institute (IPNI). Piracicaba, BR.Vol.3.467p.
- Faggioli, V., Cazorla, C., Vigna, A; Berti, M. 2003. Fertilizantes biológicos en maíz Ensayo de inoculación con cepas de *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*. Buenos Aires. AR. 1-4p. INTA EEA Marcos Juárez - Área Suelos y Producción Vegetal.(en línea). Consultado el 21 de nov 2015. Disponible en: http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/01/eea-marcos-juarez-fertilizantes-biologicos-en-maiz_5.pdf.
- Ferraris, G.; Couretot, L.; Toribio, M. 2009. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz: Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores. Buenos Aires. AR, p. 19-22. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino - 2 Investigación & Desarrollo Profertil SA.(en línea). Consultado 21 de nov. 2015. Disponible en: [https://ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/C8F050AB6A89293F032576350069A9A5/\\$file/19.pdf](https://ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/C8F050AB6A89293F032576350069A9A5/$file/19.pdf).
- Ferlini, A.; Diaz, C.; Traut, C. 2005. Beneficios del uso de inoculantes sobre la base de *Azospirillum brasilense* en cultivos extensivos de granos y forrajes.Santa Fe, AR. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE.(en línea). Consultado el 21 de nov. Del 2015. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-059.pdf>.
- Ferraz da Fonseca, L.M.; Pacheco dos Reis, D.; Dos SantosMartins Guieiro,D; Ribeiro Ribas,R.N.; Abreu de Oliveira Paiva,C.;Marriel,I.E.2014. Avaliação da Inoculação com Diferentes Estirpes de *Azospirillum sp.* na Produtividade de Milho sob Quatro Níveis de Nitrogênio. XXX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO.
- Fretes, F.;Martinez, M.2011.Maiz análisis de la cadena de valor. Agencia del Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID/Paraguay)(en línea).Consultado 16 de nov. 2016. Disponible en: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/maiz.pdf>.
- García,J; Herrera,A; Pérez,N.2011. Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México.Tamaulipas, MX. vol.28 no1.(en línea). Consultado 21 de jul. 2016. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792012000100008&script=sci_arttext&tlng=en.
- García-Olivares, J; Mendoza-Herrera, A; Mayek-Pérez, N.2011. Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el Norte de tamaulipas,

méxico. Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional. 28(1):79-84.

Gaspar, L; Tejerina, W. 2007.Fertilizacion del cultivo de maíz.Agro Estrategias Consultores.Rosario,AR.(En line). Consultado 15 de abr. 2016.Disponible en:<http://www.agroestrategias.com/pdf/Cultivos%20-%20Fertilizacion%20de%20Maiz.pdf>

Gear, J. 2006. Maíz y Nutrición. Buenos Aires. AR. v.2 , p. 1-4 Recopilación de ILSI Argentina.(en línea). Consultado 16 de nov. 2015. Disponible en: http://www.cisan.org.ar/adjuntos/20101222094800_.pdf#page=4.

González A; IPapucci S.; Cruciani M.2013.Sorgo granífero etapas de crecimiento y desarrollo exigencias ecológicas. Universidad Nacional de Rosario facultad de Riencias Agrarias. Santa Fe.AR.p 1-11.(En línea).Consultado 16 abr. 2016.Disponible en: http://campus.fcagr.unr.edu.ar/archivos/_54/ETAPAS%20CREC%20Y%20DES%20SORGO%202013.pdf.

González, A; Pérez, D; Franco,O;Balbuena, A; Gutiérrez, F; Romero, H.2011. Respuesta de tres cultivares de maíz a la inoculación con *Azospirillum brasilense* bajo cuatro diferentes dosis de nitrógen. Guerrero, MX. Vol. 18, Núm. 1.(en línea). Consultado 22 de jul. 2016. Disponible en: <http://cienciaergosum.uaemex.mx/index.php/ergosum/article/view/825>.

González, E. 2016. Dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipa (*Zea mays* var. amiláceo L.). Tesis. Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Dpto. de Suelos y Ordenamiento Territorial, CIA, FCA, UNA, 25p.

Hungria, M. 2011. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.1ra ed.Londrina, PR (En línea). Consultado 23 mar. 2017. Disponible en: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29560/1/DOC325.2011.pdf>.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, PY) 2013. Evolución y situación del maíz (*Zea mays*). (En línea). Consultado 30 de mar. 2017. Disponible en: http://www.iica.org.py/observatorio/maiz_comp.htm.

IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria, PY). 2015. Programa de investigación de maíz, sorgo y girasol. Avati moroñi – avati chipá. Guaraní vs 254. IPTA. Capitán Miranda. PY.

Janke, A; Tragnago, J. L.; Campos, B. C; Avozani, C.; Colling, R. A.; Schons, C. L.2011.Produtividade de grãos de um híbrido de milho em resposta a inoculação com bacterias *Azospirillum brasilense*. Seminario Internacional

de Ensino, Pesquisa e Extensão. Acadêmicos do Curso de Agronomia - UNICRUZ.

- Llanos, M. 1984. El Maíz: su cultivo y aprovechamiento. Primera ed. Madrid. Es. Ediciones Mundi-prensa. 15-23p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY) 2010. Análisis del comportamiento de rubros agrícolas: Censo Agropecuario 2008. Consultado 26-02-2017. Disponible en: www.mag.gov.py/dgp/Analisis%20comportamiento%20de%20Rubros%20Agricolas.pdf.
- Melo, F. H. 2014. Adubação nitrogenada e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. Tesis. Ing. Agr. Curitiba. BR. Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Curitiba. 23p.
- Naber Sitzmann, E.O. 2012. Sinergismo entre el biofertilizante (*Azospirillum brasilense*) y el nitrógeno sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en el distrito de Santa Rosa, Tesis. Ing. Agr. Santa Rosa, PY, Dpto. de Producción Agrícola, CIA, FCA, UNA, 16-18p.
- Oliveira, J.A.; Schernovski, C.; Sanches, R.E.; Gasparotto, F. 2014. Inoculação via foliar na cultura de milho com *Azospirillum brasilense* associado a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. Maringá, Paraná.
- Oliveira Roberto, V.M.; Da Silva, C.D.; Notini Lobato, P. 2010. Resposta da Cultura do Milho a Aplicação de Diferentes Doses de Inoculante (*Azospirillum brasilense*) Via Semente. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Faculdade de Agronomia, UNIARAXÁ. 2429-2434p.
- Pacheco, D. 2015. Produtividade de milho e ecología Microbiana da rizosfera de plantas sob Diferentes métodos de inoculação e níveis de Nitrogênio. Tesis, MS. Minas Gerais, BR. Universidade Federal de São João Del-Rei, Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia. 16p.
- Paliwal, R. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. 1ra Ed. Colección FAO: producción y protección vegetal. 2p.
- Paredes, M. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Buenos Aires, AR. 61-85p Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. (en línea). Consultado 21 de nov. 2015 Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>.
- Rangel, J.; Ramirez, R.; Cervantes, F.; Mendoza, M.; García, E.; Rivera, G. 2013. Biofertilización de *Azospirillum spp.* y redimiendo de grano de maíz, sorgo y trigo. Rev. FCA UNCOYO. 46(2):231-238. (En línea). Consultado 15

- de abr. De 2016. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/pdf/3828/382837658007.pdf>.
- Ricardo M.,R.; yTorres D.,M.Manejo de la fertilizacion en maíz. Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino (en línea).Consultado 15 de nov. 2016. Disponible en:
<http://www.fertilizando.com/articulos/manejo%20de%20la%20fertilizacion%20en%20maiz.asp>
- Rivetti, A. 2006. Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Buenos Aires. AR. Tomo XXXVIII. N° 2. 25-36p. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. (en línea). Consultado 16 de nov. 2015. Disponible en:
http://t.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1309/rivettiagrarias2-06.pdf4.v.2 , p. 1-4.
- Rincon, A. 2012. Los minerales en el desarrollo y producción de las platas. Villavicencio.CO. Cap. 3. 66-67p. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (en línea). Consultado 21 de nov 2015. Disponible en:
<http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/61776/61776.pdf#page=59>
- Serrati, J. 2006. Programa Nacional de Fomento y Comercialización del Maíz Periodo (2003-2008). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Documento producido por la Dirección General de Planificación del MAG. Asunción, PY.22p.
- Segovia, V; Alfaro, Y. 2009. EL MAÍZ: UN RUBRO ESTRATÉGICO PARA LA SOBERANÍA AGROALIMENTARIA DE LOS VENEZOLANOS. Caracas. VE. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (INIA-CENIAP).(en línea). Consultado 16 de nov. 2015. Disponible en:
http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5903/pdf/segovia_v.pdf.
- Shaxon,F; Barber, R.2008.Optimizacion de la humedad del suelo para la producción vegetal. FAO.(En línea).p73.Consultado 15 de nov. 2016. Disponible en:
<ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/sb79s.pdf>.
- Torres, S. 2008.Determinacion preliminar de la Señales químicas presentes en exudados radiculares implicadas en la asociacion *Azospirillum*-maiz. Tesis (Maestria). Reynosa, Tem. Pós-Grado en Ciencias de biotecnologia genomica. Instituto Politecnico Nacional.
- Torres D., M. Fertilización Nitrogenada del cultivo de Maíz. Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino. Consultado 15 de abr 2016. Disponible en:
<http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz.asp>.
- UPRM (Universidad de Puerto Rico en Mayagüez).2009. Nutrientes y gases: nitrógeno.p 1-20 (En línea).Consultado 15 de abr. 2016.Disponible en:
<http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-nitrogeno.pdf>.

Zarazúa, E; Tiessen,A; Padilla,D.; Martínez, C. LA BACTERIA *Azospirillum brasilense* INOCULADA EN PLANTAS DE MAÍZ SOMETIDAS A ESTRÉS HÍDRICO. Guadalajara, MX. p 1-5(en línea). Consultado 22 de jul. 2016. Disponible en:
http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2009/11VCRC_46/38_Zarazua_Arvizu.pdf.

ANEXO

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable Diámetro del tallo sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro del tallo (mm)	48	0,35	0,08	5,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	18,68	14	1,33	1,29	0,21
Factor A	2,13	1	2,13	2,06	0,1606
Factor B	5,62	5	1,12	1,09	0,3862
Bloques	9,82	3	3,27	3,16	0,0374
Factor A*Factor B	1,11	5	0,22	0,21	0,9542
Error	34,17	33	1,04		
Total	52,86	47			

Anexo 2. Análisis de varianza de la variable Numero de espigas por planta sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de espigas por planta	48	0,90	0,85	8,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,56	14	0,40	20,78	<0,0001
Factor A	4,22	1	4,22	220,87	<0,0001
Factor B	1,24	5	0,25	12,92	<0,0001
Bloques	0,05	3	0,02	0,95	0,4286
Factor A*Factor B	0,05	5	0,01	0,52	0,7590
Error	0,63	33	0,02		
Total	6,20	47			

Anexo 3. Análisis de varianza de la variable Longitud de espigas sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de espigas (cm)	48	0,32	0,03	6,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
yModelo	13,34	14	0,95	1,09	0,4037
Factor A	0,95	1	0,95	1,09	0,3044
Factor B	6,88	5	1,38	1,57	0,1960
Bloques	2,87	3	0,96	1,09	0,3667
Factor A*Factor B	2,63	5	0,53	0,60	0,7000
Error	28,95	33	0,88		
Total	42,29	47			

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable Diámetro de la espiga sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de la espiga (mm)	48	0,37	0,10	4,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,31	14	2,81	1,39	0,2128
Factor A	1,01	1	1,01	0,50	0,4854
Factor B	23,15	5	4,63	2,29	0,0681
Bloques	10,38	3	3,46	1,71	0,1835
Factor A*Factor B	4,77	5	0,95	0,47	0,7943
Error	66,69	33	2,02		
Total	106,00	47			

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable Numero de hileras de granos por espiga sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de hileras de granos por espiga	48	0,53	0,33	4,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,01	14	1,00	2,66	0,0104
Factor A	2,01	1	2,01	5,34	0,0272
Factor B	2,79	5	0,56	1,48	0,2223
Bloques	6,79	3	2,26	6,02	0,0022
Factor A*Factor B	2,42	5	0,48	1,28	0,2941
Error	12,41	33	0,38		
Total	26,42	47			

Anexo 6. Análisis de varianza de la variable Peso hectolítrico sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso hectolitrito	48	0,49	0,28	4,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,31	14	2,81	1,39	0,2128
Factor A	1,01	1	1,01	0,50	0,4854
Factor B	23,15	5	4,63	2,29	0,0681
Bloques	10,38	3	3,46	1,71	0,1835
Factor A*Factor B	4,77	5	0,95	0,47	0,7943
Error	66,69	33	2,02		
Total	106,00	47			

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable Peso de 1000 granos sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 1000 granos	48	0,17	0,00	14,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4730,71	14	337,91	0,47	0,9332
Factor A	1071,63	1	1071,63	1,49	0,2307
Factor B	1601,14	5	320,23	0,45	0,8134
Bloques	1545,14	3	515,05	0,72	0,5492
Factor A*Factor B	512,80	5	102,56	0,14	0,9809
Error	23718,40	33	718,74		
Total	28449,11	47			

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable Rendimiento de granos sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con y sin aplicación de inoculante a base de *Azospirillum brasilense*.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento de granos	48	0,53	0,33	15,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,39	14	0,67	2,65	0,0105
Factor A	1,62	1	1,62	6,40	0,0164
Factor B	6,71	5	1,34	5,30	0,0011
Bloques	0,87	3	0,29	1,15	0,3429
Factor A*Factor B	0,20	5	0,04	0,16	0,9769
Error	8,35	33	0,25		
Total	17,74	47			

Anexo 9. Costo de producción utilizada para la elaboración de rentabilidad a nivel de finca del cultivo de maíz chipa.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total (Gs.)
1- Costos Directos				
1.1 Insumos técnicos				
Análisis de suelo		1	50.000	50.000
Semillas de maíz	Kg	22	5.000	110.000
Fertilizantes				
Superfosfato Triple	Kg	195,6	3.500	684.600
Cloruro de Potasio	Kg	114,3	3.250	371.475
Urea	Kg	166,7	3.650	608.455
PGPR		1	127.000	127.000
Cal agrícola	Kg	1.000	500	500.000
Insecticida	Litros	1	200.000	200.000
Sub. Total 1				2.651.530
1.2 Insumos físicos				
Preparación de terreno	HM	1	100.000	100.000
Siembra	Jornal	3	70.000	210.000
Limpieza	Jornal	6	70.000	420.000
Control sanitario	Jornal	3	70.000	210.000
Fertilización	Jornal	3	70.000	210.000
Cosecha	Jornal	4	70.000	280.000
Sub. Total 2				1.430.000
Total 1+2				4.081.530
Imprevisto (10%)				408.153
Total				4.489.683

Anexo 10. Datos de las mediciones realizadas a las variables para cada unidad experimental.

Factor A	Factor B	Bloques	Diámetro tallo	Numero espiga	Longitud espiga	Diámetro espiga	Número hilera
Sin Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	1	17,15	1,00	13,31	34,21	12,25
Sin Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	1	15,76	1,09	15,44	34,30	12,50
Sin Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	1	17,80	1,18	16,89	34,85	13,10
Sin Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	1	18,13	1,27	15,15	34,03	12,25
Sin Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	1	18,39	1,36	15,72	34,44	11,25
Sin Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	1	18,16	1,45	14,85	36,05	13,10
Con Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	1	18,13	1,82	14,33	34,21	12,88
Con Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	1	18,71	1,73	14,13	35,24	13,22
Con Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	1	20,30	1,82	16,20	35,74	11,90
Con Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	1	19,35	2,00	13,79	34,64	12,80
Con Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	1	18,60	2,09	16,50	36,05	14,25
Con Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	1	19,78	2,27	16,95	35,09	13,20
Sin Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	2	16,51	1,00	14,14	32,81	12,33
Sin Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	2	16,96	1,09	14,50	32,60	12,44
Sin Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	2	19,14	1,45	14,50	35,01	12,90
Sin Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	2	18,06	1,36	15,31	33,56	11,63
Sin Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	2	16,72	1,36	15,58	33,46	12,78
Sin Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	2	19,91	1,45	15,94	33,83	13,00
Con Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	2	18,63	1,64	15,78	36,55	13,50
Con Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	2	18,36	1,73	14,93	36,06	11,89
Con Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	2	17,33	1,73	15,38	37,90	13,11
Con Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	2	20,27	1,82	15,44	31,66	12,67
Con Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	2	18,89	2,27	16,38	32,71	13,13
Con Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	2	18,65	2,27	14,67	35,89	13,00
Sin Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	3	17,16	1,27	15,25	34,57	13,11
Sin Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	3	18,16	1,27	15,67	36,24	12,78
Sin Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	3	17,12	1,27	15,06	37,82	12,89
Sin Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	3	16,59	1,27	15,00	34,58	12,50
Sin Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	3	18,29	1,64	16,63	33,47	13,22
Sin Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	3	17,06	1,64	16,19	37,48	14,00
Con Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	3	17,27	1,91	15,50	32,61	13,60
Con Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	3	18,17	1,73	16,13	36,36	12,70
Con Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	3	16,57	1,91	14,06	35,25	13,60
Con Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	3	17,55	1,82	16,50	37,15	13,60
Con Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	3	17,02	2,18	16,13	35,51	13,90
Con Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	3	18,05	2,18	16,89	35,10	13,50
Sin Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	4	17,73	1,09	14,50	34,50	11,90
Sin Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	4	18,46	1,45	14,28	34,22	14,30
Sin Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	4	17,16	1,18	15,50	36,30	13,10

Anexo 11. Datos de las mediciones realizadas a las variables para cada unidad experimental (Continuación).

Factor A	Factor B	Bloques	Diámetro tallo	Numero espiga	Longitud espiga	Diámetro espiga	Número hilera
Sin Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	4	17,20	1,64	16,70	37,89	13,80
Sin Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	4	18,36	1,64	14,90	34,86	13,10
Sin Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	4	17,81	1,45	17,25	36,36	14,60
Con Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	4	16,54	1,55	16,65	32,71	12,70
Con Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	4	16,25	1,64	15,60	34,34	14,10
Con Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	4	16,78	2,00	16,85	36,56	14,40
Con Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	4	16,43	2,09	16,06	36,50	14,00
Con Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	4	17,92	1,91	15,05	35,76	13,00
Con Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	4	18,36	2,00	15,13	34,80	14,00
Factor A	Factor B	Bloques	Redimiendo	Peso hectolitrito		Peso de mil granos	
Sin Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	1	2.478	69,70		165,67	
Sin Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	1	2.579	68,50		192,37	
Sin Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	1	2.598	68,40		182,33	
Sin Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	1	2.720	71,10		183,07	
Sin Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	1	2.969	70,30		202,23	
Sin Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	1	3.771	73,60		213,83	
Con Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	1	3.310	67,40		205,87	
Con Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	1	2.789	71,30		154,17	
Con Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	1	3.652	71,20		195,40	
Con Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	1	2.577	71,60		175,00	
Con Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	1	3.531	66,10		202,00	
Con Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	1	4.180	64,60		195,70	
Sin Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	2	2.569	62,50		171,00	
Sin Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	2	3.221	72,50		182,13	
Sin Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	2	3.302	73,20		172,13	
Sin Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	2	2.693	70,00		166,07	
Sin Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	2	2.342	57,50		132,97	
Sin Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	2	2.941	69,40		195,37	
Con Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	2	3.879	72,70		217,10	
Con Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	2	3.534	69,40		242,60	
Con Az.	60 kg ha ⁻¹ N.	2	3.305	68,20		175,50	
Con Az.	90 kg ha ⁻¹ N.	2	2.789	68,40		161,43	
Con Az.	120 kg ha ⁻¹ N.	2	3.423	62,80		176,27	
Con Az.	150 kg ha ⁻¹ N.	2	3.819	66,50		213,67	
Sin Az.	0 kg ha ⁻¹ N.	3	3.111	68,00		198,03	
Sin Az.	30 kg ha ⁻¹ N.	3	3.626	69,00		194,07	

Anexo 12. Datos de las mediciones realizadas a las variables para cada unidad experimental (Continuación).

Factor A	Factor B	Bloques	Redimiendo	Peso hectolitrito	Peso de mil granos
Sin Az.	60 kg ha-1 N.	3	4.011	72,50	232,67
Sin Az.	90 kg ha-1 N.	3	2.721	67,80	183,43
Sin Az.	120 kg ha-1 N.	3	3.068	70,60	200,07
Sin Az.	150 kg ha-1 N.	3	3.981	75,40	129,50
Con Az.	0 kg ha-1 N.	3	2.579	72,40	171,90
Con Az.	30 kg ha-1 N.	3	3.274	74,80	192,57
Con Az.	60 kg ha-1 N.	3	3.011	69,40	185,70
Con Az.	90 kg ha-1 N.	3	3.432	71,80	197,50
Con Az.	120 kg ha-1 N.	3	3.240	66,10	172,83
Con Az.	150 kg ha-1 N.	3	5.080	70,70	193,90
Sin Az.	0 kg ha-1 N.	4	2.468	67,30	175,17
Sin Az.	30 kg ha-1 N.	4	3.129	69,10	193,03
Sin Az.	60 kg ha-1 N.	4	2.812	66,60	185,03
Sin Az.	90 kg ha-1 N.	4	2.651	71,10	171,53
Sin Az.	120 kg ha-1 N.	4	3.180	72,70	222,87
Sin Az.	150 kg ha-1 N.	4	4.736	76,70	200,23
Con Az.	0 kg ha-1 N.	4	2.504	68,10	201,63
Con Az.	30 kg ha-1 N.	4	3.699	68,70	173,23
Con Az.	60 kg ha-1 N.	4	4.357	72,80	256,53
Con Az.	90 kg ha-1 N.	4	3.497	72,30	194,07
Con Az.	120 kg ha-1 N.	4	3.701	65,70	235,33
Con Az.	150 kg ha-1 N.	4	3.330	68,90	181,70

Anexo 13. Precipitación media histórica (2009-2014): Fuente: IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria). Datos climáticos del campo experimental Yjhovy.

Meses 2009-2014					
Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
154,6	198,9	172,3	198,1	107,2	160,7

Anexo 14. Precipitaciones mensuales ocurridas durante el periodo del experimento (setiembre de 2015 hasta febrero de 2016), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento.

Días	Meses 2009-2014					
	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
1					26	25
2			1	10		20
3		55				25
4						
5			36	71		
6					7,5	
7						
8					48	
9		4				
10			52			
11		11				
12		Y				
13						
14				81		
15					25	
16			55			
17			50			
18			48			
19				120		
20			19			
21				10		
22						
23			49			
24						
25						
26			16	18		
27	38	49				
28			42	55		
29				18		
30			8		25	
31					20	
TOTAL	38	119	376	383	150,5	70
MEDIA	38	29,75	34,18	47,88	25,08	23,33