

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (gr/ha) DE *Rhizobium japonicum* EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max*)

POR:

LESTHER JAVIER DURON CARCAMO

TESIS



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO 2016

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS (gr/ha) DE *Rhizobium japonicum* EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max*)

POR:

LESTHER JAVIER DURON CARCAMO

M. Sc. Esmelyn Padilla

Asesor Principal

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

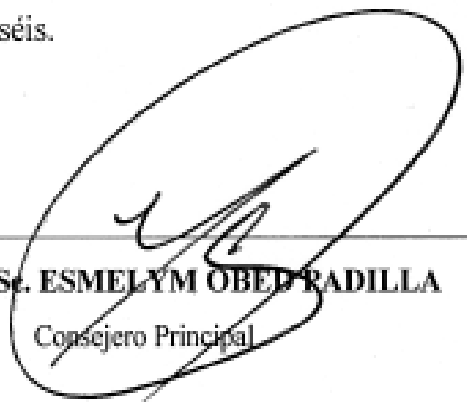
Reunidos en el Departamento Académico de Producción Vegetal de la Universidad Nacional de Agricultura: **M.Sc. ESMELYM OBED PADILLA**, **ING. FAVIAN ANTONIO SALGADO** **ING. REYNALDO ELISEO FLORES**. Miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **LESTHER JAVIER DURÓN CARCAMO** del IV Año de la Carrera de Ingeniería Agronómica presentó su informe.

“DIFERENTES DOSIS DE INOCULACIÓN (GR/HA) DE *Rhizobium japonicum* EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max*)”

El cual a criterio de los examinadores, Aprobó este requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los veintitrés días del mes de junio del año dos mil dieciséis.


M.Sc. ESMELYM OBED PADILLA

Consejero Principal


ING. FAVIAN ANTONIO SALGADO

Examinador


ING. REYNALDO ELISEO FLORES

Examinador

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Claudia Patricia Cárcamo y a mi abuela Rosa Emilia Coca porque todo lo que soy es por ellos, porque mis sueños siempre se transformaron en los suyos.

A mis hermanos y primos, por ser lucecitas en mi vida.

A mis tíos y abuelo por ser la fuente de inspiración.

AGRADECIMIENTO

Este sueño de ampliar mis conocimientos y experiencias se dio gracias a varias manos, a las que quiero expresar mi agradecimiento:

A Dios creador y dador de vida por elegirme para cumplir esta misión. Gracias señor, por ser tan bueno y misericordioso conmigo.

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Agricultura y en ella a los distinguidos docentes quienes con sus profesionalismo y ética puesto de manifiesto en las aulas enrumban a cada uno de los que acudimos con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

A Dariela Vargas por su amor, apoyo, consejos y comprensión en los momentos que más los necesité.

A mis asesores M.Sc. Esmelyn Padilla, Ing. Reynaldo Flores y Ing. Favian Salgado quienes con su experiencia como docente ha sido los guías idóneos durante el proceso que ha llevado el realizar este trabajo, me han brindado el tiempo necesario, como la información para que este anhelo llegue a ser felizmente culminada.

A mi grupo de trabajo ``Los últimos'', Jessika Fonseca, Orlin Flores; Jonny franco y Mario Flores porque siempre nos apoyamos mutuamente para lograr cumplir con nuestros deberes.

A mis amigos del cuarto 18-C que siempre me ayudaron de una u otra forma, fuimos familia durante mucho tiempo y siempre seguiremos siendo

A todas las personas que de una manera u otra colaboraron para que llegara este momento

CONTENIDO

	pág.
ACTA DE SUSTENTACION.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos.....	2
III. REVISION DE LITERATURA	3
3.1 Acumulación y translocación de nitrógeno.....	3
3.2 Nutrición nitrogenada	4
3.3 Interacción Soja-Rhizobium	5
3.4 Infección y formación del nódulo	6
3.5 Genes de nodulación	8
3.6 Desarrollo del nódulo.....	8
3.7 Estructura y diferenciación del simbiosoma	9
3.8 Nódulos activos y no activos – Senescencia nodular	9
3.9 La Simbiosis Rhizobium-leguminosa	9
3.10 Factores que afectan la simbiosis.....	11
3.11 Paso del Nitrógeno fijado a la Planta Huésped	11
3.12 Fisiología de la fijación de nitrógeno por el Rhizobium	11

3.13 Inoculación en Soya	12
3.14 Inoculantes.....	13
3.15 Tipos de Inoculantes	13
3.15.1 Inoculantes en polvo.....	13
3.15.2 Inoculantes granulados	13
3.15.3 Inoculante líquido.....	14
3.15.4 Inoculantes en medios de agar	14
3.15.5 Semilla preinoculada.....	14
IV. MATERIALES Y METODO	15
4.1 Descripción del lugar de trabajo	15
4.2 Materiales y equipo.....	15
4.3 Establecimiento de las parcelas en las localidades	15
4.4 Manejo agronómico del cultivo.....	16
4.4.1 Preparación del terreno.	16
4.4.2 Siembra	16
4.4.3 Inoculación.....	16
4.4.4 Control de maleza.....	16
4.4.5 Manejo de plagas.....	17
4.4.6 Control de enfermedades.....	17
4.4.7 Cosecha.....	17
4.4.8 Diseño experimental.	17
4.4.9 Descripción del trabajo	18
4.5 Variables agronómicas a evaluar.	18
4.5.1 Días a floración	18
4.5.2 Altura de planta.....	18

4.5.3 Numero ramas	19
4.5.4 Biomasa foliar	19
4.5.5 Biomasa radicular	19
4.5.6 Número total de nódulos.....	19
4.5.7 Número total de nódulos activos	19
4.5.8 Numero de vainas por plantas.....	20
4.5.9 Numero de granos por vaina	20
4.5.10 Rendimiento	20
4.6 Análisis estadístico	20
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
5.1 Características agronómicas	21
5.2 Numero de nódulos	23
5.3 Altura de planta	24
5.4 Biomasa radicular	24
5.5 Biomasa aérea.....	25
5.6 Numero de vainas.....	26
5.7 Numero de ramas	27
5.8 Numero de granos por vaina.....	27
5.9 Peso de 100 granos	28
5.10 Rendimiento.....	28
VI. CONCLUSIONES	30
VII. RECOMENDACIONES	31
VIII. BIBLIOGRAFIA	32
IX. ANEXOS	34

LISTA DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1 descripción de los tratamientos evaluados.	18
Cuadro 2 Promedios para las variables agronómicas.....	22

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1 Numero de nódulos en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.....	23
Figura 2 Altura de planta en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.	24
Figura 3 Biomasa radicular en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.	25
Figura 4 Biomasa aérea en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.....	26
Figura 5 Numero de vainas en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.	26
Figura 6 Numero de ramas en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.....	27
Figura 7 Numero de granos en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.....	28
Figura 8 Peso de 100 granos en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.	28
Figura 9 Rendimiento en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.....	29

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1 Análisis de varianza para la variable número de nódulos.....	34
Anexo 2 Análisis de varianza para la variable altura de planta.....	34
Anexo 3 Análisis de varianza para la variable biomasa radicular.....	34
Anexo 4 Análisis de varianza para la variable biomasa aérea.	35
Anexo 5 Análisis de varianza para la variable número de vaina por planta.	35
Anexo 6 Análisis de varianza para la variable número de ramas por planta.....	35
Anexo 7 Análisis de varianza para la variable número de granos por vaina.....	35
Anexo 8 Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos.	36
Anexo 9 Análisis de varianza para la variable rendimiento.....	36

DURON CARCAMO, L.J 2016 evaluación de diferentes dosis (gr/ha) de *Rhizobium japonicum* en el cultivo de soya (*Glycine max*). Tesis ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras C.A.

RESUMEN

La investigación se realizó en la sección de cultivos industriales, perteneciente al departamento de producción vegetal en la Universidad Nacional de Agricultura en el municipio de Catacamas, Olancho entre los meses de mayo y septiembre con el objetivo de evaluar “el rendimiento de soya con diferentes dosis de inoculación de la bacteria *Rhizobium japonicum*” para los diferentes tratamientos se utilizaron las siguientes dosis: 500 gr/ha⁻¹, 1000 gr/ha⁻¹, 2000 gr/ha⁻¹, 3000 gr/ha⁻¹, 4000 gr/ha⁻¹, 5000 gr/ha⁻¹, para ejecutar este ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar en parcelas con tres repeticiones y 6 tratamientos para un total de 18 parcelas. Se evaluaron 9 variables que son: número de nódulos, altura de planta, biomasa radicular, biomasa aérea, número de vainas por planta, número de ramas, número de granos por vaina, peso de cien granos y rendimiento. De acuerdo a los resultados obtenidos solo se presentó diferencia estadística significativa para la variable número de ramas. Para las demás variables presentaron efectos similares en cada uno de los tratamientos por lo que en este caso aceptamos la hipótesis nula ya que no hay diferencia significativa entre los tratamientos a excepción del número de ramas.

Palabras claves: rendimiento, inoculación, *Rhizobium japonicum*, tratamiento, dosis.

I. INTRODUCCION

En Honduras la producción de soya es relativamente poca o casi nula, aunque las condiciones edafoclimáticas del país son favorables para el desarrollo del cultivo, la producción se ve afectada por problemas técnicos de procesamiento del grano. No obstante, hay registros que indican que el rendimiento promedio es de 76 qq/ha en época primera y de 48 qq/ha en época postrera, a excepción del resto de rubros que conforman la canasta básica familiar (DICTA, SAG 2013).

La investigación consistió en la evaluación de diferentes dosis de *Rhizobium japonicum* en el cultivo de soya (*Glycine max*), se llevó a cabo en el campus de la Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas Olancho. Las diferentes dosis de inoculación fueron evaluadas y presentadas como alternativa para obtener un mayor rendimiento y menor gasto económico, ya que cada dosis se obtuvo diferentes rendimientos en fijación de nitrógeno gracias a la producción de nódulos.

En el contexto de la problemática planteada en nuestro país, es necesaria la realización de trabajos de investigación y validación en el área de mejoramiento genético mediante la evaluación de nuevas líneas que se adapten a condiciones tolerantes al estrés biótico y abiótico del cultivo, para así lograr seleccionar materiales que presenten mayores características promisorias (Rodríguez J.R 2013).

II. OBJETIVOS

2.1 General

- Identificar la dosis de *Rhizobium japonicum* ideal para obtener el mejor comportamiento agronómico del cultivo de soya (*Glycine max*).

2.2 Específicos

- Determinar la relación existente entre la producción de nódulos y el rendimiento del cultivo de soya (*Glycine max*).
- Identificar cuál de las variables agronómicas es la que obtiene mayor varianza, evaluada con el modelo estadístico de tukey al 0.05% con la aplicación de las diferentes dosis de inoculo.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 Acumulación y translocación de nitrógeno

La soja presenta una alta acumulación de proteínas en las semillas, por lo que es un cultivo con alta demanda de nitrógeno y menor producción de biomasa de semilla por unidad de fotoasimilado producido. Por estos motivos el nitrógeno es el nutriente crítico. Si no existen limitantes mayores, el rendimiento de la soja es función directa de la capacidad de acumular nitrógeno que exhiba el cultivo. El contenido de nitrógeno en las semillas dependerá de: la tasa de acumulación de nitrógeno en la planta durante el desarrollo de las semillas, la tasa de acumulación de nitrógeno en semillas, la longitud del período de llenado y la cantidad de nitrógeno acumulado previamente en los órganos vegetativos, susceptibles de ser traslocados a las semillas. (Olivares, J. P 2000)

Esta leguminosa tiene la capacidad de tomar nitrógeno fijado simbióticamente gracias a la asociación de bacterias *Rhizobium japonicum* con sus raíces.

Las fuentes de nitrógeno para éste cultivo son: El nitrógeno presente en el suelo, que proviene de la transformación de residuos orgánicos y de fertilizantes. Y el nitrógeno atmosférico fijado por las bacterias. El porcentaje de nitrógeno que aporta la fijación simbiótica depende de la composición físico química del suelo y del suministro de fotoasimilados de la planta. (Olivares, J. P 2000)

Condiciones de alta disponibilidad de nitratos son inhibitorias para la fijación de nitrógeno. La fijación de N es susceptible a la deficiencia hídrica en el suelo, cesando la capacidad de reducir N atmosférico. Con episodios de sequía, el cultivo deberá tomar un porcentaje mayor de N mineral presente en el suelo. Otro factor importante que reduce la fijación de N es la

falta de aireación del suelo, debido a estados de compactación física o a saturación por inundaciones. (Olivares, J. P 2000)

La acumulación de N sigue una función muy similar a la acumulación de materia seca, es decir que al principio del ciclo del cultivo la tasa de asimilación es baja y luego va incrementándose hasta llegar a un máximo durante el período de floración y establecimiento de los frutos. Cuando comienza el llenado de los granos, la tasa de asimilación de N comienza a declinar. La acumulación de N en las semillas es función de la acumulación de N en los tejidos vegetativos. (Rodríguez Barrueco C., 1984)

El porcentaje de N acumulado en las semillas respecto del N en el resto de la planta a la cosecha, es de alrededor del 90%, mientras que la partición de materia seca oscila entre el 47% y el 56%. Durante el período de llenado de las semillas la demanda de N es muy alta y una importante proporción del N foliar es removilizado hacia las mismas. Una reducida tasa de asimilación de N, durante el periodo vegetativo o el llenado de grano, así como una redistribución incompleta del mismo, determinan pérdidas en el potencial de rendimiento de la soja. Las semillas son el principal destino de acumulación de nitrógeno proveniente de la removilización de otras partes vegetativas. (Rodríguez Barrueco C., 1984)

3.2 Nutrición nitrogenada

La soja se caracteriza por acumular importantes cantidades de proteína en grano, alcanzando valores del 40% en promedio. Para lograr éstos altos contenidos de proteína en el grano, el cultivo debe acumular una cantidad significativa de nitrógeno. Si no existen limitantes importantes de otra naturaleza, el rendimiento del cultivo es en función directa de su capacidad de acumular N y la disponibilidad del mismo. La soja puede cubrir sus requerimientos de N a partir del aporte del suelo, la fertilización y el aire, por medio de la fijación biológica de nitrógeno. Como se ha nombrado previamente, la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) es una asociación mutualista entre la planta y bacterias del género *Rhizobium*. (Izaguirre Mayoral, 2006)

De ésta unión se forma nódulos a nivel de las raíces. Las bacterias son capaces de transformar el N_2 de la atmósfera en NH_4^+ asimilable por las plantas. El aporte de la FBN representa un ahorro del N del suelo. El porcentaje de N acumulado en la planta por fijación biológica presenta una relación inversa a la cantidad de N disponible en el suelo. Entre el 25 y el 75% de las necesidades de N son logrados por FBN. La fijación es un proceso costoso para la planta, en cuanto a energía. Para obtener rendimientos máximos, ambas fuentes de N deben complementarse. Los requerimientos de la planta de soja desde la germinación hasta la floración (R1) son bajos. (Izaguirre Mayoral, 2006)

En ésta etapa la acumulación de N está definida por la tasa de crecimiento del cultivo y es independiente de la oferta de dicho nutriente. En la etapa de fructificación (R3) a plenitud del llenado de grano (R6), los requerimientos son altos. Hasta el comienzo de los estadios reproductivos el suelo puede satisfacer los requerimientos de nitrógeno del cultivo. En las etapas de R3 a R6 es necesaria la participación de la FBN para suplir los requerimientos de N. La FBN comienza unos 30 días después de la emergencia y aumenta notablemente durante el llenado de granos, aumentando el rendimiento en grano. (Izaguirre Mayoral, 2006)

El aporte de N por fertilizante reduce el aporte de N por fijación biológica. Por éste motivo, sólo se aconseja la fertilización nitrogenada en casos en los que el cultivo de soja no se inocule con rizobios o cuando se evidencia déficit de N por falta de nodulación. Se estima que el agregado de hasta 18 Kg./ha. de N no afecta la nodulación ni la FBN. (Izaguirre Mayoral, 2006)

3.3 Interacción Soja-Rhizobium

Cuando en el suelo no se dispone de los rizobios adecuados, por el método denominado inoculación, se agregan artificialmente rizobios seleccionados sobre la semilla o el suelo. El producto biológico con el que se realiza esto se denomina inoculante.

Cuando se produjo la expansión del cultivo de soja, en la década del 70', en nuestros suelos no existían las bacterias *R. japonicum*, por lo que se consideró necesario introducirlas al suelo

mediante la incorporación de las mismas a las semillas a sembrar, es decir inoculando las semillas (Pacheco Basurco, 1983). En los comienzos, la mayor parte de los productos inoculantes eran importados (Nadal Moyano S. 2004.)

Debido a la amplia difusión del cultivo y la repetida inoculación anual, los rizobios se han naturalizado en la mayoría de los suelos sojeros. Por ésta razón es posible observar, al examinar las raíces de soja no inoculada, la presencia de nódulos en suelos donde se implantó un cultivo de soja sin inocular. Para seleccionar una cepa de bacteria, aparte de la especificidad, se deben tener algunas consideraciones básicas como: capacidad de formar nódulos (infectividad), para fijar N (efectividad), la sobrevivencia en las semillas y en el suelo, la adaptación o tolerancia a situaciones de estrés, la estabilidad genética y la capacidad de crecimiento en las condiciones de producción. (Nadal Moyano S. 2004.)

El producto inoculante que es adicionado a la semilla debe ser capaz de dejar en el exterior de la semilla, una carga bacteriana no menor a 80.000 rizobios por semilla. Las bacterias serán encargadas de infectar las raíces de las plantas, alcanzar un desarrollo específico (bacterioide) en el interior de un nódulo para luego comenzar a fijar nitrógeno derivado del aire del suelo. (Nadal Moyano S. 2004.)

Más adelante se desarrollará con mayor detenimiento el tema de inoculantes. Los estudios comienzan en laboratorio, donde se evalúa la capacidad de nodulación. Con las cepas preseleccionadas, se inician estudios de invernáculo a fin de determinar la capacidad de nodulación y de FBN. Finalmente, se realizan ensayos en condiciones de campo en diferentes áreas cultivadas con soja. (Nadal Moyano S. 2004.)

3.4 Infección y formación del nódulo

La simbiosis de la soja con los rizobios no es cíclica, ya que las bacterias no se encuentran dentro de las semillas. Para que se de las simbiosis las semillas se debe producir la infección. Cuando dos miembros de una simbiosis entran en contacto se da el “reconocimiento”. La

comunicación entre los simbioses comienza con la liberación de metabolitos secundarios contenidos en exudados de semilla y de la raíz de la leguminosa (soja). Los compuestos liberados son de naturaleza flavonoides como la naringenina, geniteína y daidzeína, ácidos aldólicos y betaína. Las sustancias secretadas hacen que los rizobios sean atraídos químicamente hacia la región apical de los pelos radicales. Estos flavonoides son considerados la primera molécula señal. (Olivares, J. P. 2008.)

Al momento que los rizobios reconocen la señal enviada por la planta, mediante los metabolitos secundarios, se inicia la transcripción (proceso mediante el cual un gen o genes codificados en el ADN se copian a ARN mensajero) de los genes de nodulación denominados genes nod. El proceso de transcripción de los genes nod de la bacteria involucra a una proteína de origen bacteriano llamada NodD. Cuando entra en contacto con los flavonoides secretados por la planta, los genes nod de la bacteria modifican su conformación permitiendo que la enzima encargada de llevar a cabo la transcripción de los genes nod (ARN polimerasa) realice su función. (Olivares, J. P. 2008.)

La traducción de los genes nod (proceso mediante el cual los ARN mensajeros son traducidos a proteínas), da como resultado la producción de un conjunto de enzimas encargadas de la síntesis y secreción de los denominados factores de nodulación (factores Nod). Los factores Nod secretados a la rizósfera por los rizobios son reconocidos por la planta huésped. (Olivares, J. P. 2008.)

Las concentraciones necesarias de los factores Nod para poder producir las respuestas en los pelos radicales de la planta van de 10^{-6} a 10^{-15} M. Esta concentración varía en función de la respuesta inducida y de la interacción rizobio-leguminosa. Las plantas poseen receptores tipos cinasas para los factores Nod. Los receptores cinasas tienen una región transmembranal y una región citoplasmática, ésta última con actividad específica de cinasa con capacidad de transferir un grupo fosfato. (Olivares, J. P. 2008.)

3.5 Genes de nodulación

La soja tiene la información genética para la infección simbiótica y para la nodulación. El papel del rizobio, en éste caso, *Bradyrhizobium japonicum*, es el de disparar el proceso. Los genes de nodulación se definen como aquellos genes del rizobio que son necesarios para la nodulación. A los genes de nodulación se los llama genes nod de modo general, aunque comprenden genes designados como nod, nol y noe. Estos genes están agrupados en plásmidos o en una región del cromosoma. (Reca, L. G 2006.)

3.6 Desarrollo del nódulo

Los nódulos formados en la simbiosis entre soja y *Rhizobium japonicum* son determinados, es decir que no hay un meristema permanente. Su crecimiento se basa en la expansión en vez de en la división celular, presentando una morfología esférica en vez de cilíndrica. Las primeras divisiones celulares en respuesta a la presencia del rizobio son anticlinales y se producen en la hipodermis. (Rodríguez Barrueco C. 1984.)

A continuación se genera otro foco de división celular en el periciclo. Posteriormente, éstos dos meristemas convergen generando el primordio nodular, en el cual podemos encontrarnos células no vacuoladas procedentes de las divisiones de la hipodermis conformando el tejido central del nódulo, y células con un elevado grado de vacuolización procedentes de las divisiones en el periciclo, componiendo el parénquima nodular que rodea al tejido central. (Rodríguez Barrueco C. 1984.)

Gran parte de la actividad mitótica en la región central del nódulo se pierde transcurridos 12 a 18 días tras la inoculación. Algunas células de éste tejido central son invadidas a través de los canales de infección y pueden ser identificadas por su gran tamaño y densidad, debidos a la elevada presencia de simbiosomas. Los simbiosomas pueden presentar más de un bacteroide en su interior. (Rodríguez Barrueco C. 1984.)

3.7 Estructura y diferenciación del simbiosoma

De forma paralela al desarrollo del nódulo, el rizobio se distribuye por el mismo a través de canales de infección. El nódulo va sufriendo una serie de modificaciones que culmina en la formación del simbiosoma, el cual presenta una serie de características que son indispensables para realizar la actividad fijadora de nitrógeno. (Vega de Reyes, R. M. 2009.)

3.8 Nódulos activos y no activos – Senescencia nodular

El nódulo fija nitrógeno atmosférico por un periodo de tiempo determinado después del cual ésta actividad decrece dando lugar a la lisis y luego la muerte del mismo. Como se ha descrito en el punto anterior, los nódulos activos pueden diferenciarse de los no activos debido a su coloración rosada en el exterior y rojiza en si interior. Esta coloración se debe a la presencia de leghemoglobina. La senescencia nodular es un conjunto de alteraciones fisiológicas, bioquímicas y estructurales que son inducidas por envejecimiento natural, o bien, cuando las plantas son sometidas a estrés. (Zeiger, E., T. Lincoln. 2007)

Diversos organelos celulares como el aparato de Golgi, mitocondrias, cloroplastos y la membrana celular sufren alteraciones durante la senescencia nodular. El retardo de la senescencia del nódulo puede incrementar el tiempo de fijación de nitrógeno, aumentado el rendimiento y la calidad de la semilla.

Los cambios morfológicos, químicos y fisiológicos de los nódulos varían según su posición en la raíz. (Zeiger, E., T. Lincoln. 2007)

3.9 La Simbiosis Rhizobium-leguminosa

Fuera de las condiciones ambientales necesarias para el buen crecimiento de las fabáceas, el proceso de la fijación de nitrógeno no añade ningún requerimiento especial al organismo.

Una posible excepción a esta afirmación podemos encontrarla en las cantidades de ciertos minerales requeridos para la fijación de nitrógeno más eficaz. Diversos investigadores han establecido que el molibdeno, el calcio, son necesarios en cantidades más elevadas cuando se emplea nitrógeno molecular en el lugar de amoníaco, o cual parece indicar que participan en la fijación de nitrógeno. (Aguilera Mejía, RG.).

En la fijación simbiótica de nitrógeno entre *Rhizobium* y fabáceas, ninguno de los dos organismos es capaz de fijar nitrógeno por sí solo. El lugar donde se realiza la fijación del mencionado elemento corresponde a los nódulos formados sobre las raíces de la fabácea como resultado de la penetración de *Rhizobium*. A parte de la real fijación simbiótica de nitrógeno, la penetración de estas bacterias y el estímulo resultante del crecimiento de las células de la raíz, son aspectos importantes en esta asociación. La presencia en abundancia de bacterias del suelo en las proximidades de las raíces de la planta especialmente en las raíces de fabáceas, es un hecho comúnmente observado. (Aguilera Mejía, RG.).

Esto se debe probablemente a la excreción realizada por las raíces. Así las bacterias, o bien atraviesan la punta relativamente blanda del pelo radical o bien invaden los pelos radicales dañados o rotos progresan a lo largo de un filamento de infección, a través del tejido cordial hasta llegar al área inmediata de la endodermis y el periciclo. Empiezan a producirse en esta región divisiones celulares y el nódulo crece rápidamente aumentando el volumen en dirección a la superficie de la raíz. Las células de los nódulos contienen un número de cromosomas doble del que se encuentran en las células somáticas normales de la planta. (Aguilera Mejía, RG.).

Estudiando sobre la formación de nódulos en el guisante y el algarrobo, se mostró que solo se realiza con éxito la formación de nódulos, cuando las bacterias infectantes invaden células que contienen una dotación cromosómica doble de la normal. A causa de la invasión de estas células son estimuladas a realizar una actividad de tipo meristemático y originan el nódulo (Aguilera Mejía, RG.).

3.10 Factores que afectan la simbiosis

Los inoculantes poseen bacterias vivas por lo que deben ser protegidos del desecamiento, altas temperaturas y luz solar directa hasta su uso. Se recomienda el almacenamiento bajo refrigeración (4° C) y el uso antes de la fecha de caducidad indicada por el fabricante. Al momento de uso, el inoculante debe contener al menos 10⁷ células por gramo.

Cualquier evento ambiental que comprometa tanto la FBN como la mineralización del N, compromete la acumulación de éste elemento en la biomasa y, como consecuencia el rendimiento.

3.11 Paso del Nitrógeno fijado a la Planta Huésped

Aunque no se conoce perfectamente como tiene lugar el transporte de nitrógeno fijado simbióticamente desde el nódulo a la planta huésped, se acepta de modo general que, o bien tiene lugar una lisis de las células bacterianas que deja libres compuestos nitrogenados solubles en el citoplasma de la célula radical, o bien las células bacterianas excretan productos nitrogenados solubles al citoplasma de la célula radical.(Aguilera Mejía, RG.).

Benjamín B. Bohiool y Edwin L. Schimidt de la universidad de Minessota en 1,974, descubrieron el primer elemento de mecanismo responsable en el reconocimiento para este proceso específico. Ellos identificaron una proteína en el fríjol de la soya que se fija a las células de *Rhizobium Japonicum* (Aguilera Mejía, RG.).

3.12 Fisiología de la fijación de nitrógeno por el Rhizobium

El principal producto de la fijación de nitrógeno es el amonio (HN) en el cual es asimilado tan rápido como es formado. La molécula de Nitrógeno es un gas inerte y muy estable, poco reactivo debido al triple enlace que posee. Los sustratos necesarios para la reacción de la nitrogenaza y formación HN son: 6 electrones generados, 6 moléculas de $H:N+6e+6H=nh$ (Aguilera Mejía, RG.).

3.13 Inoculación en Soya

La soya al igual que las otras leguminosas forman nódulos donde viven las bacterias. El propósito de inocular, es suministrar a las semillas los cultivos frescos de razas de bacterias que sean eficaces (Enríquez Flores, FA. 1986.). A los 9 días posteriores a la germinación de la soya se forman los primeros nódulos y a las 3 semanas empieza la fijación de nitrógeno. La soya nodula adecuadamente a los 25 °C. Si no existe una fijación eficiente de nitrógeno es necesario aplicar fertilizante antes de la floración. Una prueba sencilla para encontrar si la planta está fijando nitrógeno es la siguiente: se hace un corte transversal de un nódulo de 5 a 7 mm de diámetro, si se encuentra que tiene un color oscuro la fijación es eficiente, pero si es blancuzco o crema, es deficiente (Enríquez Flores, FA. 1986.).

Cuando es la primera vez que se cultiva soya, es necesario inocular la semilla con cepas de *Rhizobium japonicum*. Al inocular la semilla se han tenido incrementos de 20 a 50% en el rendimiento. Cuando se siembra soya continuamente en un suelo, este queda inoculado, por lo general se necesitan 3 ciclos antes de que haya una población suficiente para una buena nodulación. Después de una rotación es recomendable reinocular la semilla pues la población de bacterias disminuye rápidamente en el suelo cuando no se cultiva soya (Enríquez Flores, FA. 1986.).

Sin embargo se indica que no se ha determinado el grado de supervivencia de *Rhizobium* en el suelo, ni el efecto de las rotaciones de cultivo sobre dicha supervivencia. Hardy y Havelka descubrieron que la bacteria reduce su actividad durante los 30 días finales del período de crecimiento de la planta. Esto da lugar a una formación inadecuada de nitrógeno cuando su necesidad es mayor (Enríquez Flores, FA. 1986.).

Los autores mencionados anteriores argumentaron que al madurar la planta, gran parte de sus azúcares van a desarrollar semillas y una cantidad mucho menor van a las colonias de bacterias, por lo tanto la producción de nitrógeno disminuye al faltarle alimento a la bacteria (Enríquez Flores, FA. 1986.).

3.14 Inoculantes

Un inoculante es un concentrado de bacterias específicas, que aplicado convenientemente a la semilla poco antes de su sembrado. El inoculante debe contener un número alto de bacterias viables específicas para la leguminosa a ser cultivada. Los estándares mínimos de calidad de inoculantes varían según el país. Inoculantes con concentraciones de por lo menos mil millones de bacterias por gramo de producto fresco. La producción de los inoculantes se realiza por métodos industriales, resultando importante que el mismo no sea expuesto a temperaturas mayores de 30-35°C durante el transporte y manipuleo.

La bacteria debe ser específica para la planta considerada para que se puedan formar buenos nódulos que sean efectivos en la FBN. (Olivares, J. P. 2008.)

3.15 Tipos de Inoculantes

Existen diferentes tipos de inoculantes, los cuales se pueden agrupar en las siguientes categorías: (Olivares, J. P. 2008.)

3.15.1 Inoculantes en polvo

Es el tipo de inoculante más común del mercado. El cultivo de bacterias se mezcla con un soporte finamente molido con pH cercano a 6,5, que protege a los rizobios durante el período de almacenamiento y provee mejor adhesión a la semilla. La turba neutra es considerada uno de los mejores soportes, pero pueden utilizarse varios productos orgánicos y minerales en lugar de la turba. (Olivares, J. P. 2008.)

3.15.2 Inoculantes granulados

Los microorganismos son producidos a partir de inoculantes en polvo y gránulos de arcilla. Éste tipo de inoculantes se aplica en el surco de siembra, permitiendo separar los rizobios de las semillas que han sido tratadas con pesticidas o fungicidas. (Olivares, J. P. 2008.)

3.15.3 Inoculante líquido

El inoculante se prepara con un cultivo líquido de bacterias que se diluye inmediatamente antes de su uso. Debe almacenarse a 4°C. Estos rizobios tienen escasa sobrevivencia en la semilla. Puede ser agregado a la semilla antes de la siembra o puede ser aplicado directamente en el surco. (Olivares, J. P. 2008.)

3.15.4 Inoculantes en medios de agar

Esta formulación ha caído casi en completo desuso. Las bacterias tienen un bajo nivel de sobrevivencia. (Olivares, J. P. 2008.)

3.15.5 Semilla preinoculada

El proceso de inoculación lo realiza el semillerista antes de su comercialización. Las bacterias sobreviven un período de tiempo muy corto sobre las semillas (2 a 3 días). (Olivares, J. P. 2008.)

IV. MATERIALES Y METODO

4.1 Descripción del lugar de trabajo

El trabajo se realizó en la sección de cultivos industriales, departamento de producción vegetal de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada a 6 Km al sureste de la ciudad de Catacamas en departamento de Olancho, con una altura 350 msnm, una temperatura promedio anual de 24.6 °C con una húmeda relativa del 74% y una precipitación promedio anual de 1400 mm. (Departamento de Ingeniería Agrícola, 2011)

4.2 Materiales y equipo

Para la instalación y desarrollo del ensayo se utilizó lo siguiente: tracción motriz, barretas, estacas, insecticidas, herbicidas, fertilizantes, bombas de mochila, semilla de soya, cinta métrica, cabuya, regla, lápiz, libreta, balanza de precisión,, probador, azadones, fungicidas, entre otros.

4.3 Establecimiento de las parcelas en las localidades

Las parcelas tenían las siguientes medidas 12m de ancho y 5m de largo, con 6 tratamientos y 4 repeticiones cada uno, haciendo un total de 18 parcelas, cada parcela consiste de 8 surcos con 60cm entre surco y 8.33 cm entre planta, la parcela útil fue los surcos centrales de cada parcela, dejando las plantas de los extremos sin muestrear.

4.4 Manejo agronómico del cultivo

4.4.1 Preparación del terreno.

La preparación del terreno se realizó un mes antes la siembra para enterrar el rastrojo y dar tiempo a que este se descompusiera, este consistió en un pase de romplow, dos pases de rastra en forma cruzada, uno de rotavator y el encamado.

4.4.2 Siembra

Lo que respecta a la siembra esta se realizó de forma manual, colocando 1 semillas al suelo por postura a una distancia de 8.33cm, a una profundidad de 4cm.

4.4.3 Inoculación

La inoculación se realizó debido a que la mayoría de los suelos donde no se ha cultivado soya son deficientes en *Rhizobium japonicum*; esta se realizó en la sombra y se utilizó la bacteria *Rhizobium japonicum*, zinc, azúcar, momentos antes de la siembra mezclándolo a mano, se agregara e 5 a 8 ml de agua por kg de semilla garantizando una fina película de agua sobre la semilla una vez maclados todos los ingredientes se procedió a la siembra.

4.4.4 Control de maleza

El control de maleza se realizó de forma manual y química utilizando productos químicos aplicándolos a medida que aparecieran las malezas evitando que las mismas alcanzaran un punto crítico que fuera desfavorable para el cultivo.

4.4.5 Manejo de plagas

Se realizó de manera cultural y química a medida que la presencia de estas aparecían en el cultivo también se realizaron monitoreos y muestreos para ver el tipo de plaga presente y así se tomó la decisión de que producto o que practica aplicar para dicho control.

4.4.6 Control de enfermedades

Esta práctica será realizo juntamente con el control de insectos ya que podemos aprovechar al realizar las aplicaciones en forma conjunta, debido a que el insecticida y fungicida pueden aplicarse de forma conjunta. De preferencia el producto comercial usado para el control de enfermedades fue "Amistar extra", como medio de prevención contra las enfermedades fungosas.

4.4.7 Cosecha

Para lograr el secado total de la plantación se aplicó 1 semana antes una solución de paraquat con la intención de inducir a la defoliación del cultivo y solo quedara la vaina en el tallo.

4.4.8 Diseño experimental.

Diseño de bloques completos al azar, el modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$j=1, \dots, r$ (repetición)

$i=1, \dots, t$ (tratamiento)

Y_{ij} = variable aleatoria observable (= Variable de respuesta)

μ = Media general o total

β_j = efecto del j esimo bloque o repetición

τ_i = efecto del i esimo tratamiento

ε_{ij} = error experimental. $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$. Existen rxt unidades experimentales

4.4.9 Descripción del trabajo

Para ejecutar este ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar en parcelas, en las que se utilizaron tratamientos los cuales están descritos en el siguiente cuadro:

Cuadro 1 descripción de los tratamientos evaluados.

N	Tratamientos (gr/ha de <i>Rhizobium japonicum</i>)
1	500
2	1000
3	2000
4	3000
5	4000
6	5000

4.5 Variables agronómicas evaluadas.

4.5.1 Días a floración

Este dato se tomó contando el número de días que transcurrió desde el momento de la siembra hasta cuando el 50% de las plantas presentaron la primera flor.

4.5.2 Altura de planta

Para la estimar la altura de planta se tomaron 10 plantas al azar, midiendo la altura desde la base del tallo principal hasta la hoja que presente más altura.

4.5.3 Numero ramas

La estimación del número de ramas se realizó tomando 3 plantas al azar de los surcos centrales de la parcela y se contaron el número de ramas que presentaron a lo largo del tallo principal.

4.5.4 Biomasa foliar

Para determinar la cantidad de biomasa foliar se tomaron 3 plantas al azar de los surcos centrales de la parcela se pesaron en materia fresca, luego pasaron por un proceso de secado al horno durante 24 horas a temperatura de 105 °C, luego se pesaron y se tomó el peso en materia seca.

4.5.5 Biomasa radicular

Para determinar esta se tomaron 3 plantas al azar de los surcos centrales de la parcela se pesaron en materia fresca, luego pasaron por un proceso de secado al horno durante 24 horas a temperatura de 105 °C, luego se pesaron y se tomó el peso en materia seca.

4.5.6 Número total de nódulos

La estimación del número de nudos se realizó tomando 3 plantas al azar de los surcos centrales de la parcela y se contó el número de nudos que se presentaron en la raíz.

4.5.7 Número total de nódulos activos

Para determinar la cantidad de nódulos activo determinara abriendo los nódulos para determinar la actividad de fijación biológica de nitrógeno o inactividad del mismo

4.5.8 Numero de vainas por plantas

Esta variable se evaluó tomando 10 plantas al azar de la parcela bajo estudio, las cuales se cosecharon y posteriormente se procedió a contar el número de vainas.

4.5.9 Numero de granos por vaina

Para la determinar el número de granos por vainas se tomaron 10 plantas de los surcos centrales de la parcela y se contaron el total de granos por vainas luego se promediaron los resultados.

4.5.10 Rendimiento

La producción obtenida en cada área útil por variedad se ajustó a Kg / Ha. utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Kg ha} = \frac{\text{Peso de campo} \times \text{N}^\circ \text{ plantas ha}}{\text{N}^\circ \text{ plantas} / \text{Área útil}} \times \frac{100 - \% \text{ hc}}{100 - \% \text{ hd}}$$

4.6 Análisis estadístico

A los resultados obtenidos en el ensayo se les aplicó un análisis de varianza (ANAVA) usando la prueba de tukey al 5% de significancia.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Características agronómicas

Los promedios obtenidos de los diferentes tratamientos para las variables de número de nódulos, altura de planta, biomasa radicular, biomasa aérea, número de vainas, número de ramas, número de granos por vainas, peso de cien granos y rendimientos, están presentados y descritos en el cuadro 2. Donde se observa que todas las variables incluidas en la investigación.

Para la variable número de ramas el análisis de varianza presento una diferencia estadística altamente significativa tukey 0.5%, donde se obtuvo un $R^2 = 0.88$ y un C.V. de 8.03. donde se notó un incremento del número de ramas, con el de los demás tratamiento.

Para las demás variables no se muestra diferencia estadística alguna, pero si hay mejores comportamientos en cuanto a dos de las variables relacionadas con el rendimiento como, peso de 100 granos y número de vainas por plantas, según sus medias ambas obtuvieron el mejor comportamientos con el rendimiento de 2000 kg/ha

Esta investigación consistió en evaluar el rendimiento por hectárea del cultivo de soya (*glycine max*), utilizando diferentes dosis de inoculante de la bacteria *Rhizobium japonicum*, esto con el objetivo principal de minimizar costos de fertilización, también es notorio que al utilizar estos tratamientos no dañamos la salud humana y mucho menos al ambiente.

Cuadro 2 Promedios para las variables agronómicas número de nódulos, altura de planta, biomasa radicular, biomasa aérea, numero de vainas por planta, numero de ramas, numero de granos por vaina, peso de cien granos y rendimiento.

Prueba de medias

Dosis Rhizobium kg/ha	Numero de nódulos	Altura de planta	Biomasa radicular	Biomasa aérea	Numero de vainas	Numero de Ramas	Numero de granos	peso de 100 granos	rendimiento
500	81.67	0.89	4.55	31.13	143.6	7.6	2	20.1	1580.91
500	104	1.3	4.96	44.16	129.3	8.2	2.02	18.2	1556.45
500	109.33	1.23	5.22	35.46	132.6	6.9	2.03	14.6	1632.63
1000	45.33	1.24	5.17	57.28	137.8	9.5	2.16	19.9	1528.18
1000	181.67	1.44	6.31	66.95	118.6	12	1.96	20.3	1768.18
1000	162	1.38	6.28	57.97	160.1	10	1.92	20.1	1765.45
2000	43.67	1.25	4.87	33.19	169.3	8.70	2.04	21.2	1483.18
2000	205.33	1.26	6.65	55.41	160.1	9	2.06	22.3	1839.09
2000	39.33	1.43	5.48	56.03	150.2	9.2	2.1	17.9	1873.18
3000	97.67	1.32	4.73	31.09	112.3	6.5	2.1	20.5	1535.91
3000	179	1.34	5.24	46.97	145.7	7.5	2.05	19.6	1733.64
3000	228	1.37	5.66	47.17	159	7	2.06	17.2	1623.64
4000	104	1.4	4.01	39.07	145.7	8	2.07	16.9	1570.91
4000	77	1.34	4.99	42.89	157.6	7.9	2.06	15.8	1725.45
4000	42	1.45	4.08	25.07	161.11	6	2.08	17.7	1676.36
5000	268	1.37	6.54	36.9	161.4	7	2	19.3	1532.27
5000	97.67	1.25	4.46	27.64	177	7.9	2.04	17.1	1577.73
5000	149.67	1.4	4.17	36.44	105.1	6.6	2.06	16.4	1598.18
promedios totales	123.07	1.31	5.19	42.82	145.92	8.08	2.05	18.62	1644.52
ANAVA									
Tratamiento	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.	57.81	8.3	232.79	21.37	14.9	8.03	3.08	6.883	4.96
R ²	0.351	0.62	0.397	0.57	0.23	0.886	0.414	0.714	0.698

**= Altamente significativo

*= Significativo

n.s.= No significativo

C.V.= Coeficiente de variación

R²= Coeficiente de determinación

5.2 Numero de nódulos

En la figura 1 se puede observar el comportamiento de la variable número de nódulos en el cultivo de soya observándose que los valores más altos se presenta con la aplicación de 5000 gr/ha de *Rizhobium japonicum*, esto se debe a que las grandes cantidades de Rizhobium aplicadas en la semilla de soya es proporcional al número de nódulos que se observan en la raíz de la planta. No se presentó diferencia estadística significativa para ninguna fuente de variación tampoco hubo diferencia en la interacción de los factores.

El establecimiento de la simbiosis para atrapar el N₂ entre Rhizobium y la leguminosa es un proceso complejo, donde la formación de nódulos la captación del N₂ se da en etapas sucesivas. Rhizobium induce en la leguminosa el desarrollo de nódulos en su raíz, los dos organismos establecen una cooperación metabólica, las bacterias reducen N₂ a amonio (NH₄), el cual exportan al tejido vegetal para su asimilación en proteínas y otros compuestos nitrogenados complejos, las hojas reducen el CO₂ en azúcares durante la fotosíntesis y lo transportan a la raíz donde los bacteroides de Rhizobium lo usan como fuente de energía para proveer ATP al proceso de inmovilizar N₂ (Long, 1989).

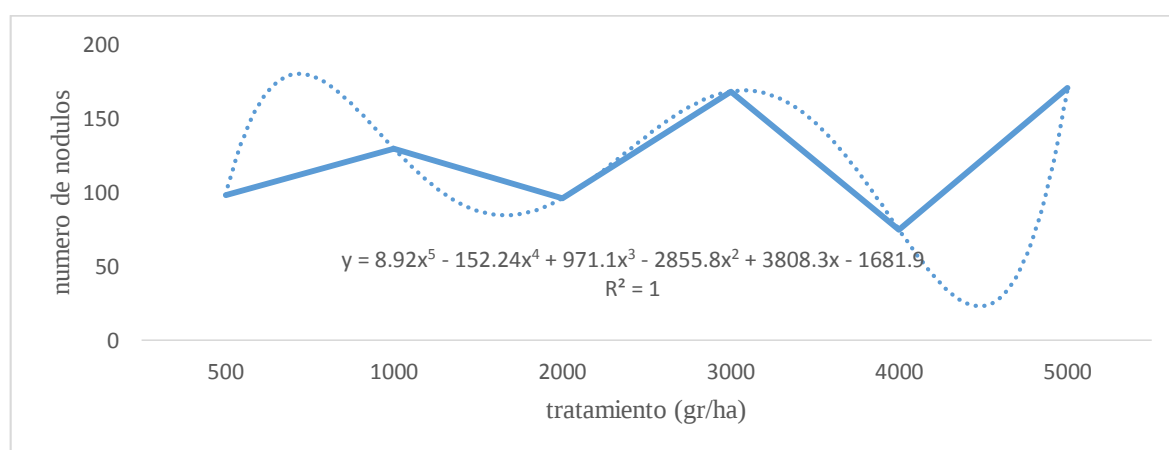


Figura 1 Numero de nódulos en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.

5.3 Altura de planta

En la figura 2 se puede observar el comportamiento de la variable altura de planta en el cultivo de soya observándose que los valores más altos se presentan en la aplicación de 4000 gr/ha de *Rhizobium japonicum* esto se debe a que la altura de planta está íntimamente relacionada con la aplicación de grandes cantidades de Rhizobium, pero esto no siempre será así ya que al aplicar 5000 gr/ ha hay una disminución mínima de la altura de la planta. No se presentó diferencia estadística significativa para fuente de variación tampoco hubo diferencia en la interacción de los factores.

En la actualidad, la agricultura sustentable, plantea mejorar la eficiencia de la fijación de nitrógeno mediante el uso de plantas leguminosas y rizobios competitivos, capaces de ser usados en biorremediación y fitorremediación de esta manera extender las ventajas de la simbiosis a otros cultivos, en tal sentido, las investigaciones se han orientado al estudio de rizobios como promotor del crecimiento de plantas leguminosas y no leguminosas (Nuñez et al., 2005)

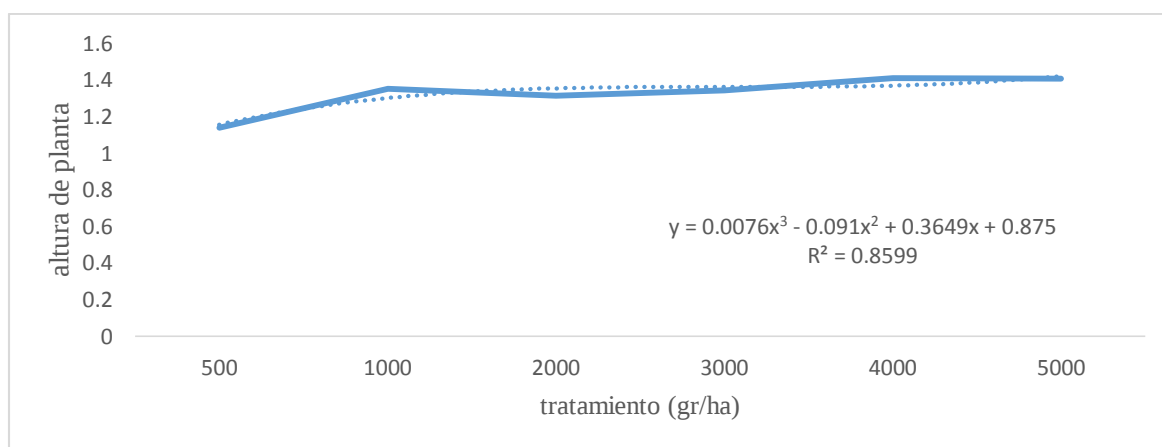


Figura 2 Altura de planta en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.

5.4 Biomasa radicular

En la figura 3 se puede observar el comportamiento de la variable de la variable biomasa radicular en el cultivo de soya observándose que el valor más alto se presenta en la aplicación

de 1000 gr/ha de *Rhizobium japonicum* esto significa que la biomasa radicular se desarrolla en cantidades más altas con un dosis mínimas de Rhizobium, esto no aplica para el numero de nódulos en la raíz, porque el mayor número de nódulos se obtuvo al aplicar la mayor dosis de tratamiento, entonces no siempre estará relacionado la biomasa radicular con el número de nódulos existentes en la raíz. No se presentó diferencia estadística significativa para fuente de variación tampoco hubo diferencia en la interacción de los factores.

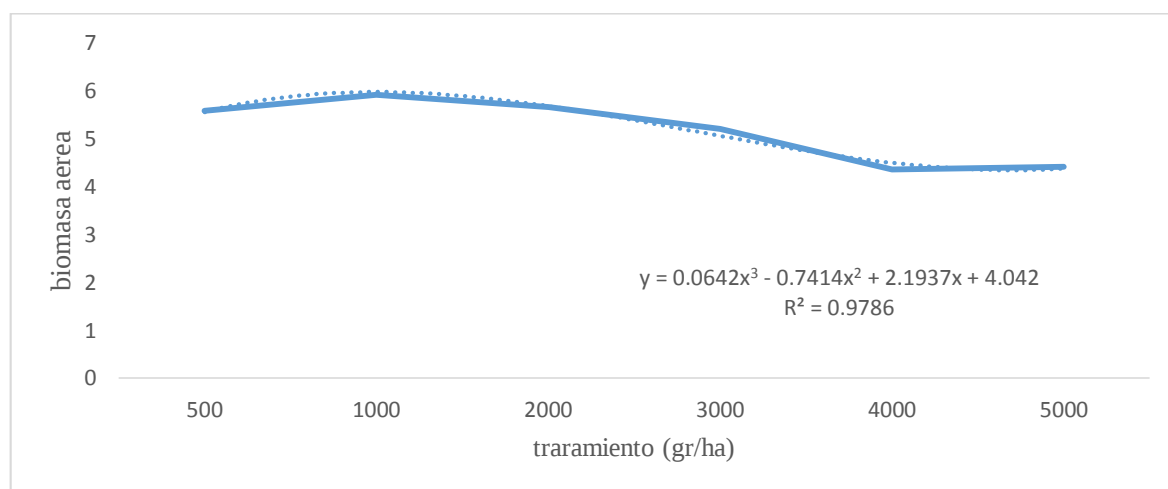


Figura 3 Biomasa radicular en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.

5.5 Biomasa aérea

En la figura 4 se puede observar el comportamiento de la variable de la variable biomasa aérea en el cultivo de soya observándose que el valor más alto se presenta en la aplicación de 1000 gr/ha de *Rhizobium japonicum* esto se debe a que la proporción de biomasa está relacionada a la cantidad de biomasa radicular, mostrándose los mejores resultados con la aplicación del mismo tratamiento. También es notorio que al tener mayor biomasa aérea se obtendrá un mayor número de ramas y por esta misma razón un mayor número de vainas, de esta manera la mejor relación de estas variables se dan con el uso del segundo mejor tratamiento de biomasa aérea 2000gr/ha. No se presentó diferencia estadística significativa.

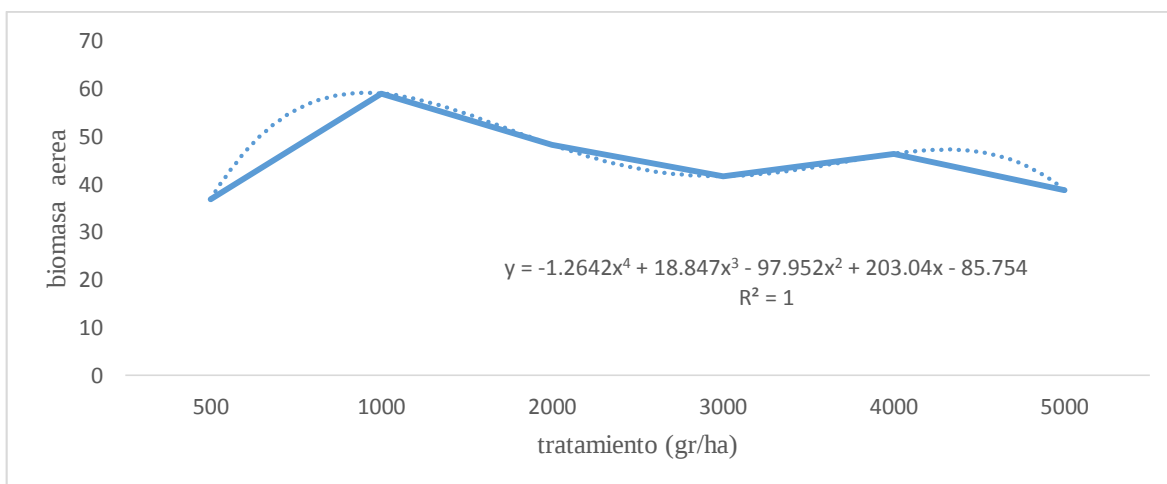


Figura 4 Biomasa aérea en el cultivo de soja según la dosis de inoculo aplicada.

5.6 Numero de vainas

En la figura 5 se puede observar el comportamiento de la variable de la variable número de vainas por planta en el cultivo de soja observándose que el valor más alto se presenta en la aplicación de 2000 gr/ha de *Rhizobium japonicum* esto se debe a que la mayor cantidad de vainas se presenta en este tratamiento, pero de cierta forma el número de vainas se relaciona con la cantidad de biomasa aérea que se muestra en el cultivo, mostrándose que el segundo mejor tratamiento de biomasa aérea es aplicando 2000 gr/ha. No se presentó diferencia estadística significativa. Pero el mayor número de vainas que se obtuvo con este tratamiento fue 159.93 y el menor número de vainas fue de 135.18 vainas.

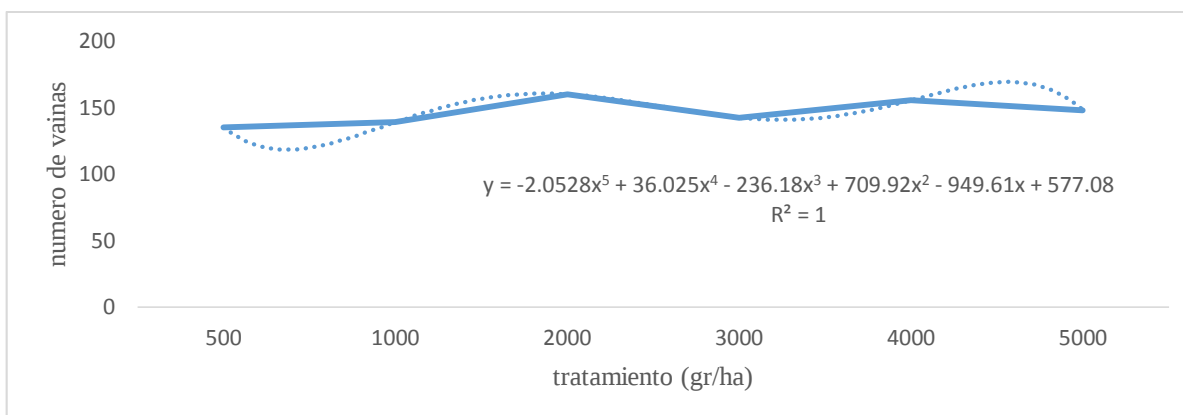


Figura 5 Numero de vainas por planta en el cultivo de soja según la dosis de inoculo aplicada.

5.7 Numero de ramas

En la figura 6 se puede observar el comportamiento de la variable de la variable número de ramas por planta en el cultivo de soya observándose que el valor más alto se presenta en la aplicación de 1000 gr/ha de *Rhizobium japonicum* esto se debe a la cantidad de rama al igual que la biomasa radicular y la biomasa aérea se desarrolla mejor al aplicar el mismo tratamiento. La variable número de ramas mostró diferencia estadística significativa tukey 0.05% siendo 10.5 el promedio de numero de ramas más alto, con un R2 de 0.887 y un C.V. de 8.03

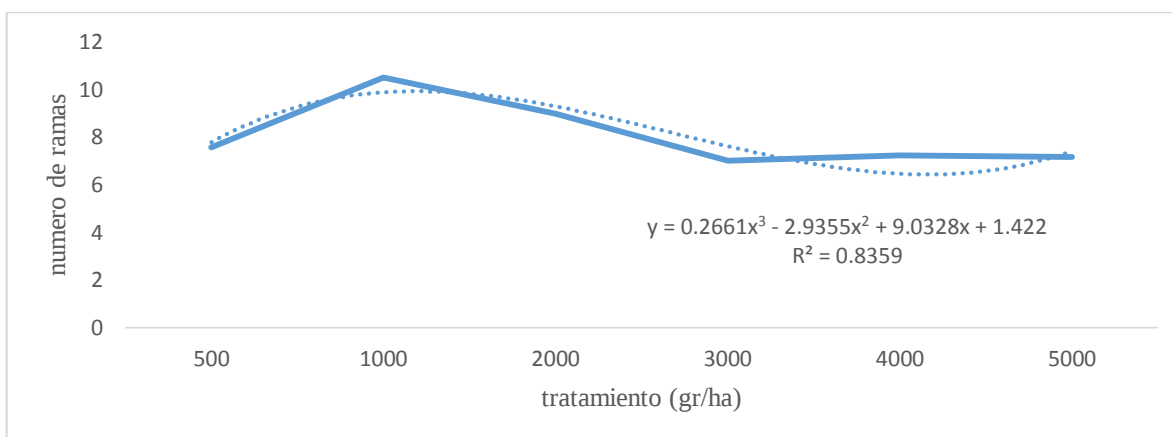


Figura 6 Numero de ramas por planta en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.

5.8 Numero de granos por vaina

En la figura 7 se puede observar el comportamiento de la variable de la variable número de granos por vaina en el cultivo de soya observándose que el valor más alto se presenta en la aplicación de 5000 gr/ha de *Rhizobium japonicum* esto se debe a que la mayor cantidad de bacterias proporcionan un mayor número de granos por vaina, mostrándose casi siempre tres granos por cada vaina. No se presentó diferencia estadística significativa para fuente de variación tampoco hubo diferencia en la interacción de los factores.

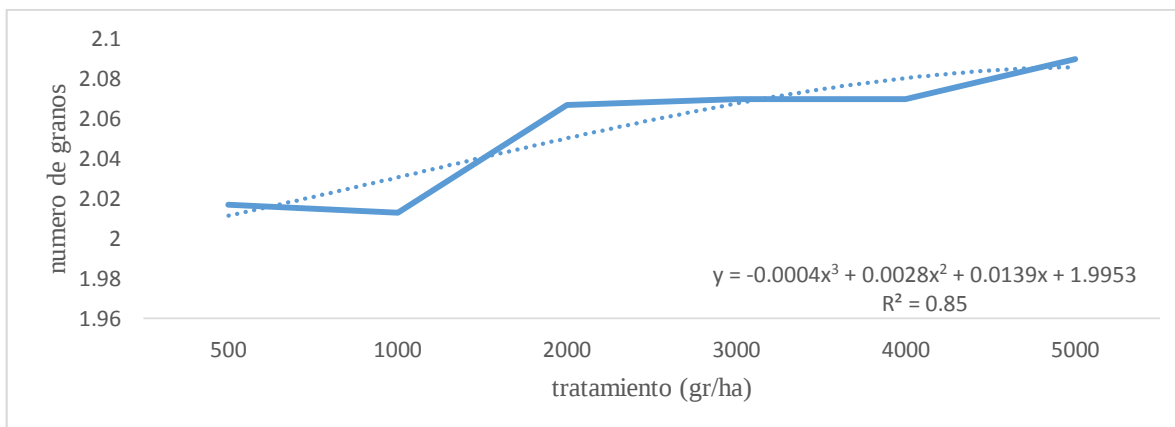


Figura 7 Numero de granos por vaina en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.

5.9 Peso de 100 granos

En la figura 8 se puede observar el comportamiento de la variable de la variable peso de cien granos en el cultivo de soya observándose que el valor más alto se presenta en la aplicación de 2000 gr/ha de *Rhizobium japonicum* esto significa que el peso del grano no está relacionado con la aplicación de grandes cantidades de Rhizobium, alcanzando el mayor peso en dosis medias. Tomando en cuenta que el comportamiento dela gráfica tiende a volver a subir con la aplicación de 5000 gr/ha, no se descarta la idea que el peso de 100 granos pueda aumentar en dosis mayores. No se presentó diferencia estadística significativa para fuente de variación tampoco hubo diferencia en la interacción de los factores.

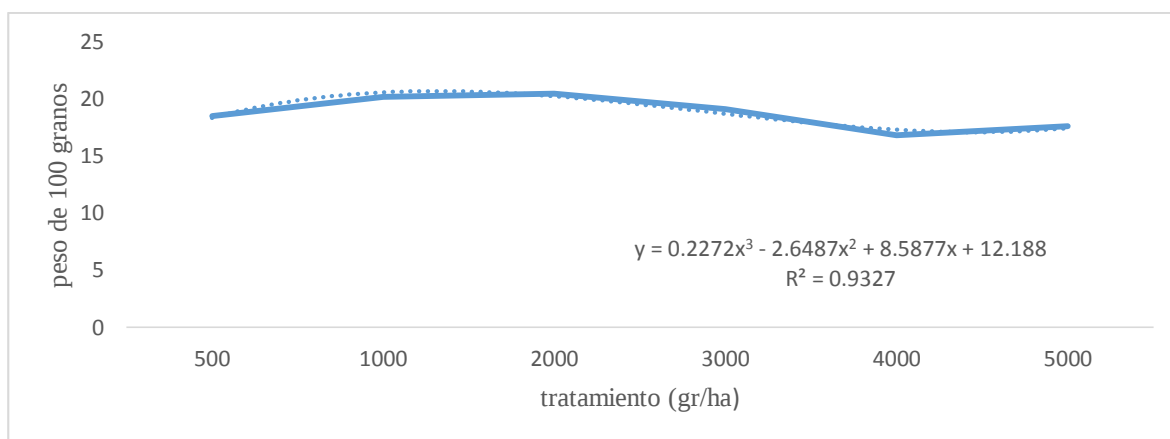


Figura 8 Peso de 100 granos en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.

5.10 Rendimiento

En la figura 9 se puede observar el comportamiento de la variable rendimiento en el cultivo de soya observándose que el valor más alto se presenta en la aplicación de 2000 gr/ha de *Rhizobium japonicum* esto se debe a que la producción de este tratamiento es bastante notable y diferenciada de los demás tratamientos, donde concuerda que este tratamiento se obtuvo también con el mayor número de vainas por planta, al igual que el mayor peso de granos también fue con este tratamiento. Es importante mencionar que el rendimiento que se obtuvo es similar al que se ha obtenido al aplicar grandes cantidades de fertilizantes, pero no presento diferencia estadística significativa para ninguna variable, tampoco hubo diferencia en la interacción de los factores

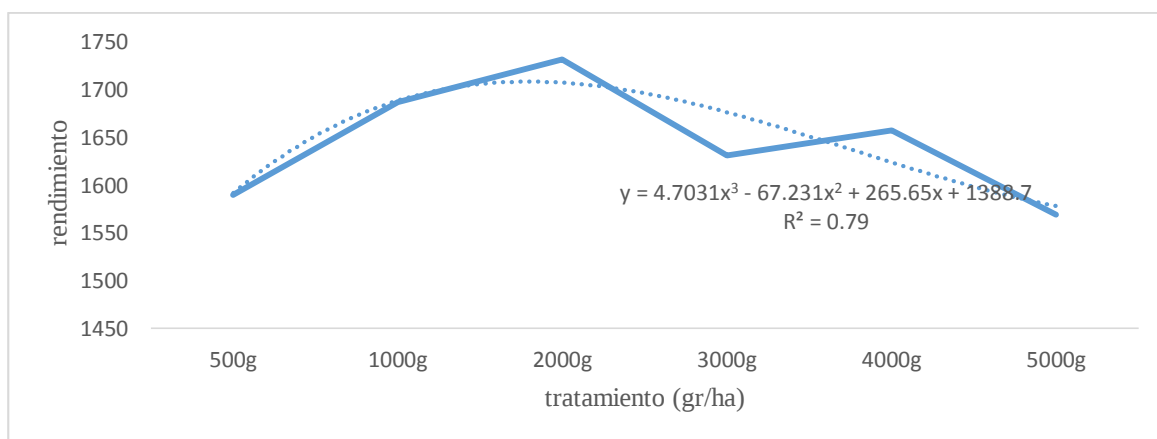


Figura 9 Rendimiento en el cultivo de soya según la dosis de inoculo aplicada.

VI. CONCLUSIONES

El rendimiento obtenido en el cultivo de soya (*Glycine max*) con la aplicación del inoculó *Rhizobium japonicum* fue inversamente proporcionar a la cantidad de nódulos producidos en cada tratamiento, debido que a mayor cantidad de nódulos obtenida en cada tratamiento, menor fue el rendimiento obtenido.

En las condiciones climáticas presentadas en la estación experimental se observó un excelente desarrollo del cultivo en los meses de junio a septiembre, esto se debe a que es un cultivo que se expresa de mejor forma en días cortos.

De los 6 tratamientos evaluados el que mostro mejores resultados fue en el cual se aplicaron 2000 gramos de *Rhizobium japonicum* por hectárea, presentándose este como una alternativa para los productores, debido a que solo se necesita una baja cantidad de fertilizante para suplir las necesidades de la planta y obtener excelentes rendimientos.

VII. RECOMENDACIONES

Seguir evaluando las diferentes dosis de *Rhizobium japonicum* en otros lugares del país y en diferentes épocas del año, y comparar los resultados de rendimientos.

Orientar a los productores para que hagan uso de las dosis adecuadas de *Rhizobium japonicum* (2000 gr/ha) para que de esta forma puedan disminuir los costos en cuanto a la aplicación de fertilizantes

VIII. BIBLIOGRAFIA

Aguilera Mejía, RG. s.f. Fijación de N atmosférico por Rhyzobium, su importancia y alternativas para Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 48 p.

Baca B. E., L. Sotto Urzúa, M. P. A. Pardo Ruíz, Fijación Biológica de Nitrógeno, Paper. Puebla, México, Julio/Agosto 2000.

Delgado Hernández F. 1974. La soya, su cultivo y usos. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos. 10 p. (Serie no. 164).

Enríquez Flores FA. 1986. Evaluación del efecto en maní *Arachis hypogaea* y soya *Glycine max* producido por la inoculación de cepas de Rhyzobium seleccionadas para el trópico por el Sistema Internacional de Ensayos de inoculación de leguminosas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 51 p.

Fassbender, H. W., E. Bornemisza – Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2ª Edición, 1987, 420 págs.

Fassbender, H. W. – Bases Edafológicas de los sistemas de producción agroforestales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1984, 191 págs.

Fehr W. y C. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Spec. Report No. 80. Coop. Ext. Ser., Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU.

Ferraris, G. N., G. Gonzalez Anta, Díaz Zorita M. - Aportes actuales y futuros de tratamientos biológicos sobre la nutrición nitrogenada y producción de soja en el cono sur. Paper, EEA INTA Pergamino, Argentina. 2006. 4 págs.

FHIA 1993. Fundación Hondureña de investigación agrícola. Programa de semillas, informes técnicos. Fijación Biológica de Nitrógeno

Izaguirre Mayoral, M.L., C. Labandera, J. Sanjuán – Biofertilizantes en Iberoamérica: Una visión técnica, científica y empresarial. Informe de Lage y Cía. S.A. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Oriental del Uruguay. Uruguay. 2006.

Mayz Figueroa J. – Fijación Biológica de Nitrógeno. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Laboratorio de Rizobiología, Juanico, México. Paper. 20 págs.

Nadal Moyano S., M. T. Moreno Yaguela, J. I. Cubero Salmeron – Las leguminosas de grano en la agricultura moderna. Grupo Mundi Prensa. España. 2004. 318 págs.

Olivares, J. P., Fijación Biológica de Nitrógeno (Última actualización: 08/02/2008), Paper, Estación Experimental del Zaidín, SCIC, Granada, España. Febrero 2008.

Reca, L. G. Aspectos del desarrollo agropecuario argentino 1875-2005. Publicación Informativa. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, Argentina. 2006. 48 págs.

IX. ANEXOS

Anexo 1 Análisis de varianza para la variable número de nódulos.

F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	27735.904a	7	39622.272	0.773	n.s
Repetición	3516.614	2	1758.307	0.343	n.s
Tratamiento	24219.29	5	4843.858	0.945	n.s
Error	51261.236		5126.124		
Total	351695.69	18			

Anexo 2 Análisis de varianza para la variable altura de planta.

F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	0.194b	7	0.028	2.373	n.s
Repetición	31.734	2	0.023	1.966	n.s
Tratamiento	0.148	5	0.03	2.536	n.s
Error	0.117	10	0.012		
Total	32.045	18			

Anexo 3 Análisis de varianza para la variable biomasa radicular.

F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	920.882c	7	131.555	0.941	n.s
Repetición	236.851	2	118.426	0.847	n.s
Tratamiento	684.031	5	136.806	0.978	n.s
Error	1398.506	10	139.851		
Total	3,431	18			

Anexo 4 Análisis de varianza para la variable biomasa aérea.

F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	1239.855d	7	177.122	1.897	n.s
Repetición	267.41	2	133.705	1.432	n.s
Tratamiento	972.445	5	194.489	2.083	n.s
Error	933.613	10	93.361		
Total	38966.27	18			

Anexo 5 Análisis de varianza para la variable número de vaina por planta.

F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	1434.286e	7	204.898	0.427	n.s
Repetición	31.033	2	15.517	0.032	n.s
Tratamiento	1403.253	5	280.651	0.585	n.s
Error	4798.2	10	479.82		
Total	393230.112	18			

Anexo 6 Análisis de varianza para la variable número de ramas por planta.

F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	32.821f	7	4.689	11.07	**
Repetición	3.951	2	1.976	4.664	n.s
Tratamiento	28.869	5	5.774	13.632	**
Error	4.236	10	0.424		
Total	1209.95	18			

Anexo 7 Análisis de varianza para la variable número de granos por vaina.

F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	0.26g	7	0.004	1.008	n.s
Repetición	0.011	2	0.005	1.454	n.s
Tratamiento	0.015	5	0.003	0.83	n.s
Error	0.035	10	0.004		
Total	76.035	18			

Anexo 8 Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos.

F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	41.347h	7	5.907	3.561	n.s
Repetición	10.564	2	5.282	3.184	n.s
Tratamiento	30.783	5	6.157	3.711	n.s
Error	16.589	10	1.659		
Total	6401.07	18			

Anexo 9 Análisis de varianza para la variable rendimiento.

F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	156375.831i	7	22,339.40	3.307	n.s
Repetición	55,249.66	5	11,049.93	1.638	n.s.
Tratamiento	101,126.18	2	500,563.09	7.484	n.s
Error	67557.15	10	6,755.72		
Total	48903895.8	18			