



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Efecto de inoculante *Rizobium japonicum* en el crecimiento y rendimiento del cultivo de soya (*Glycine max* L.) variedad CEA-CH-86

Autor

Br. Jerlin Escobar Coleman

Asesores

MSc. Jorge Gómez Martínez

Ing. Miguel Jerónimo Ríos

Managua, Nicaragua
Noviembre, 2020



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Efecto de inoculante *Rizobium japonicum* en el crecimiento y rendimiento del cultivo de soya (*Glycine max* L.) variedad CEA-CH-86

Autor

Br. Jerlin Escobar Coleman

Asesores

MSc. Jorge Gómez Martínez

Ing. Miguel Jerónimo Ríos

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador como requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua
Noviembre, 2020

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del comité evaluador

MSc. Roberto Larios

Ing. Harlem Ríos Peralta

Grado académico y nombre del
Presidente

Grado académico y nombre del
Secretario

Ing. Martha Moraga

Grado académico y nombre del
Vocal

Lugar y Fecha (día/ mes/ año) Managua, Nicaragua 27/11/2020

DEDICATORIA

A Dios por darme vida, salud y sabiduría, a mis padres quienes por medio de su amor, consejos, apoyo y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más y en especial a mi padre, que a pesar de que no está físicamente, sé que donde sea que se encuentre estará orgulloso y feliz de este logro.

Br. Jerlin Escobar Coleman

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme vida, sabiduría y fortaleza, por darme la oportunidad de culminar con éxitos mis estudios.

A mis padres por brindarme su ayuda, comprensión y apoyo en todo momento.

A mis asesores MSc. Jorge Gómez Martínez e Ing. Miguel Jerónimo Ríos por su apoyo incondicional, orientación, dedicación y compartir sus conocimientos y amistad.

Al personal de campo de la DUEP (Dirección de Unidades Educativas Productivas) por el apoyo en el manejo agronómico del cultivo en la unidad experimental.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA) que durante todo este período de estudio ha sido mi casa, en especial a sus docentes que me han formado y ayudado en todo el transcurso de mi formación profesional.

A mis amigos que de manera desinteresada me brindaron su ayuda y apoyo en los momentos que lo solicite.

Br. Jerlin Escobar Coleman

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	2
II. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
III. MARCO DE REFERENCIA	5
3.1 Importancia de la inoculación	5
3.2 Fertilización en el cultivo de soya	6
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1 Ubicación del experimento	9
4.2 Descripción del suelo	10
4.3 Condiciones ambientales	10
4.4 Material vegetativo	11
4.5 Inoculación de semilla	11
4.6 Descripción de los tratamientos	12
4.7 Diseño experimental	12
4.8 Manejo agronómico	12
4.9 Variables evaluadas	14
4.10 análisis económico	16
4.11 Análisis estadístico	16
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1 Altura de planta (cm)	17
5.2 Diámetro de tallo (mm)	18

5.3 Número de hojas por planta	19
5.4 Nódulos por planta	20
5.5 Porcentaje de nódulos efectivos y no efectivos por planta	20
5.6 Peso fresco y peso seco de nódulos (g)	21
5.7 Número de vainas por planta	23
5.8 Número de granos por vaina	24
5.9 Peso de 1 000 granos (g)	24
5.2 Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	25
5.3 Análisis económico	26
5.3.1 Análisis del presupuesto parcial	26
VI. CONCLUSIONES	30
VII. LITERATURA CITADA	31
VIII. ANEXOS	35

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Análisis químico de suelo del área de estudio CEVT Las Mercedes UNA, Managua, 2019	10
2. Descripción de los tratamientos	12
3. Dimensiones de parcelas, bloques y área total del ensayo	12
4. Descripción de las dosis y momentos de aplicación en los tratamientos	13
5. Altura de planta (cm) según tratamientos en diferentes momentos de muestreo	18
6. Diámetro de tallo (mm) según tratamientos en diferentes momentos de muestreo	18
7. Número de hojas por planta en el cultivo de soya según tratamientos en diferentes momentos de muestreo	19
8. Nódulos por planta, peso fresco y seco de nódulos a los 30 dds según tratamientos	22
9. Nódulos por planta, peso fresco y seco de nódulos a los 60 dds según tratamientos	22
10. Número de vainas por planta, granos por vaina y peso de 1 000 granos según tratamientos	25
11. Presupuesto parcial según tratamientos	27
12. Análisis de dominancia según los tratamientos	28
13. Tasa de retorno marginal	29

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación geográfica del Centro de Experimentación y Validación Tecnológica, Las Mercedes	9
2. Promedios de temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm)	11
3. Porcentaje de nódulos efectivos y no efectivos por planta	21
4. Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹) según tratamiento	26

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo	36
2. Descripción de los estadios reproductivo de la soya	37
3. Características del cultivo de la variedad CEA-CH-86	37

RESUMEN

El experimento se estableció en el Centro Experimental y Validación Tecnológica, Las Mercedes de la Universidad Nacional Agraria, con el objetivo de evaluar el efecto del inoculante *Rhizobium japonicum* y la fertilización sintética sobre los componentes de crecimiento y rendimiento en el cultivo de soya. Se utilizó un arreglo unifactorial en diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, los tratamientos estuvieron distribuidos de la siguiente manera: Inoculado, Inoculado+12-28-12+Urea, 12-28-12+Urea y sin aplicación. La inoculación se realizó al momento de la siembra con inoculante a base de *Rhizobium japonicum* y la fertilización sintética se realizó en tres momentos, la primera al momento de la siembra, la segunda a los 15 dds y la tercera a los 45 dds. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas por planta, número de nódulos por planta, peso fresco y seco de nódulos, número de vainas por planta, número de granos por vainas, peso de 1 000 granos, rendimiento (kg ha^{-1}) y análisis económico de presupuesto parcial. Las variables fueron sometidas a un análisis de varianza, por medio de la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$). Se utilizó el programa estadístico InfoStat versión (2016). Los resultados reflejaron que 12-28-12+Urea e Inoculado tuvieron un efecto significativo sobre las variables altura de planta, número de nódulos por planta, peso fresco y seco de nódulos y número de vainas por planta. Con respecto al rendimiento no se encontró diferencias significativas. El mayor rendimiento lo presentó el inoculado con *Rhizobium japonicum* con $1\ 242.5\ \text{kg ha}^{-1}$, seguido del inoculado+12-28-12+Urea con $1\ 157.5\ \text{kg ha}^{-1}$. El análisis económico basado en un presupuesto parcial determinó que el tratamiento inoculado presentó mejor rentabilidad, los menores costos variables y el mayor beneficio neto; la tasa de retorno marginal reflejó que, para el inoculado+12-28-12+Urea por cada dólar invertido, se recupera el mismo dólar más una ganancia de 19 centavos dólar.

Palabras clave: análisis económico, nódulos, peso seco, fertilizante sintético, inoculante.

ABSTRACT

The experiment was carried out in the technological validation center the Mercedes of the Universidad National Agrarian aim to evaluate the effect of Inoculant *Rhizobium japonicum* and synthetic fertilization on the growth and yield components in soybean crops. The design used was Complete Block Random with four treatments and four repetitions, the treatments were distributed in next way: Inoculated, Inoculated+12-28-12+Urea, 12-28-12 + Urea y el control the inoculation was carried out at the time of sowing with inoculant and the synthetic fertilization was carried in three moments, the first at the time of sowing, the second at 15 DAS and the third at 45 DAS. The characters evaluated were: plant height, stem diameter, number of triplets number per plant, number of nodules per plant, dry & fresh weight of nodules, number of pods per plant, grains number per pods, 1 000 grains weight, yield (kg ha⁻¹) and partial budget economic analysis. The characters were performed by analysis of variance and separation test were performed according to Duncan ($\alpha = 0.05$) using statistical program InfoStat (2016) version. The results shows that 12-28-12 + Urea & Inoculated treatments had a significant effect over height plant, nodules number per plant, dry & fresh weight of nodules and pods number per plant. Yield did not show significant effects. The higher yield was presented by Inoculated with 1 242.5 kg ha⁻¹, followed by Inoculated+12-28-12+Urea with 1 157.5 kg ha⁻¹. The economic analysis based in partial budget determined that treatment inoculated showed the best profitability, the lower variable costs and the greatest net benefit, the marginal rate of return showed that with Inoculated+12-28-12+Urea treatment by each dollar invested, the same dollar is recovered plus a profit of 19 cents dollar.

Keywords: economic analysis, nodules, dry weight, synthetic fertilization, inoculated.

I. INTRODUCCIÓN

Jordan (1982, p. 136) menciona:

Las bacterias del género *Rhizobium japonicum*, son bacilos gram-negativos del phylum proteobacteria, las colonias tiene forma circulares, blancas y convexas con un diámetro menor de 1 mm después de un intervalo de cinco a siete días de incubación y se desarrolla a temperatura entre 25 °C y 30 °C.

“El género *Rhizobium japonicum* tiene la característica de establecer simbiosis con plantas leguminosas” (Ba *et al.*, 2004). Y la efectividad de la simbiosis se verá afectada por factores como sequía, altas temperaturas, acidez del suelo y la presencia de fertilizantes nitrogenados en el sistema radical.

“La soya tiene las propiedades de fijar el nitrógeno del aire en simbiosis con bacterias que pueden vivir en sus raíces” (*Rhizobium japonicum*) (Labza, 2004); y a través de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) obtener gran parte de este nutrimento para su crecimiento y rendimiento. Según Rosas y Young (1996), “las plantas de soya pueden llegar a fijar hasta 270 kg N ha⁻¹ según las condiciones del suelo y la eficiencia en la nodulación” (p. 31).

“Por medio de la aplicación de inoculantes a las semillas antes de cada siembra, las bacterias estimulan el crecimiento de nódulos en las raíces, logrando que estas estén en mejor condición de fijar el nitrógeno atmosférico haciéndolo asimilable para la planta” (Labza, 2004), “siendo una manera económica y ecológica de proveer nitrógeno a la soya, sin la necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados, con promedios de hasta del 94 % de N” (Hungria *et al.*, 1998; Peticari *et al.*, 2003).

Según Salazar, (2005) indica que:

En Nicaragua la soya se introdujo por primera vez en el año 1969 teniendo su mayor auge en la década de los ochenta debido a la reducción de las áreas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) y la creciente demanda industrias locales por el aceite y harina de soya para el procesamiento de alimentos balanceados empleados en granjas avícolas y porcinas.

Según la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA, 2013, p. 2):

A pesar de que los precios en el mercado mundial y las importaciones han mostrado incrementos, en Nicaragua, la soya ha reducido su área de siembra, así como la producción nacional, esto también se debe a factores como: falta de garantía en la compra de semilla, baja productividad, aumento de los costos de producción e inestabilidad de los precios.

Según el Instituto Nicaragüense de Información de Desarrollo (INIDE, 2012, p. 3):

Las áreas de siembra de soya en el país han venido en descenso desde el año 1999 - 2000 con el que se establecieron las 25 000 manzanas (17 625 ha) hasta registrarse 4 200 manzanas (2 961 ha) sembradas en el ciclo productivo 2011/2012

Rosas y Young (1996), mencionan que “la soya es un cultivo que demanda grandes cantidades de nitrógeno” (p. 33). En base a esto, la aplicación indiscriminada de fertilizantes nitrogenados para satisfacer las necesidades del cultivo ha ocasionado degradación y baja fertilidad de los suelos, la contaminación del aire y el agua del manto freático debido al proceso de lixiviación siendo a menudo una opción no viable para los agricultores de soya debido a su alto costo

Por lo anterior, es necesario buscar nuevas alternativas amigables con el ambiente y económicas viables que permita suministrar de nutrientes al cultivo e incremente el rendimiento. El propósito de este estudio fue evaluar el efecto del inoculante *Rhizobium japonicum* sobre el crecimiento y rendimiento de la variedad CEA-CH-86.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del inoculante *Rizobium japonicum* y la fertilización sintética en el crecimiento y rendimiento en el cultivo de soya variedad CEA-CH-86.

2.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto del inoculante *Rizobium japonicum* y la fertilización sintética en la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de nódulos, peso fresco y seco de nódulos.

Comparar el efecto del inoculante *Rizobium japonicum* y la fertilización sintética en el número de vainas por planta, número de granos por vainas, peso de 1 000 granos y rendimiento kg ha^{-1} .

Determinar la rentabilidad económica de los tratamientos evaluados.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Importancia de la inoculación

Según Labza (2004) indica que:

Un inoculante es un concentrado de bacterias específicas, que aplicado convenientemente a la semilla poco antes de su sembrado, mejora el desarrollo del cultivo. Su empleo es una práctica agronómica reconocida en el mundo por sus beneficios productivos y económicos, principalmente en gramíneas y leguminosas.

“La inoculación es importante ya que reduce el uso de fertilizantes nitrogenados y los costos de producción, mejora la estructura de los suelos y estatus nutricional dejando reservas de nitrógeno que pueden ser utilizadas por otros cultivos” (García, 1997).

La fijación de nitrógeno se da a través de la simbiosis establecida entre bacterias específicas (*Rhizobium japonicum*) y la propia planta de soya. Estas bacterias se encuentran de forma natural en nuestros suelos, pero en cantidades muy pequeñas debido a su mal manejo, por lo cual hay que agregarlas con el objetivo de que esta simbiosis se pueda alcanzar. Las bacterias son adicionadas a la semilla mediante una técnica denominada inoculación, las bacterias son las encargadas de infectar las raíces de la soya y posteriormente en el interior de una estructura denominada nódulo, comenzará a fijar nitrógeno derivado del aire, el cual será utilizado por la soya para su crecimiento vegetativo y reproductivo, según el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2005).

Canales y Castillo (2019), en un estudio realizado en el Centro Experimental Las Mercedes, señalan que el uso de *Rhizobium japonicum* en dos variedades de soya tiene un efecto significativo en las variables de crecimiento y rendimiento.

Otros estudios llevados a cabo en Argentina también han demostrado que la inoculación con cepas de *Rhizobium japonicum* tiene efectos positivos sobre la nodulación en condiciones de estrés hídrico (Nápoles y Ferreira, 2014).

Fornasero y Toniutti (s.f), evaluaron el efecto de la nodulación y el rendimiento del cultivo de soja con distintas formulaciones de inoculantes a base de *Rhizobium japonicum* en el centro de la provincia de Santa Fe, Argentina. Los resultados de este estudio, presentaron que la inoculación con *Rhizobium japonicum* presentó un efecto favorable sobre el desarrollo de las raíces de las plantas de soja.

3.2 Fertilización en el cultivo de soya

Al referirse sobre la fertilización sintética Rosas y Young, (1996, p. 30) mencionan:

Cuando el suelo no contiene los nutrientes requeridos por las plantas, se tiene que hacer uso de los fertilizantes para suministrar el requerimiento de la planta de soja. Bajo buenas condiciones lo que se recobra de lo aplicado en un año varía entre 5 % a 20 % para el fósforo (P), de 30 % a 60 % para el potasio (K) y para el nitrógeno puede ser menor del 30 %.

Fornasero y Toniutti, (s.f) señalan que:

El nitrógeno representa el 78 % de los gases que componen la atmósfera. Y representa la fuente principal para los vegetales. Los suelos con bajo contenido de materia orgánica proporcionan a los cultivos cantidades insuficientes de nitrógeno inorgánico, por lo que la fijación biológica de nitrógeno adquiere importancia como la mayor fuente de nitrógeno. La fijación biológica de nitrógeno se lleva a cabo exclusivamente por bacterias del género *rhizobium* que tienen la capacidad de reducir el nitrógeno atmosférico a amonio, que puede ser utilizado por las plantas, contribuyendo a la mejora y productividad de los cultivos

Rosas y Young, (1996, p. 31). Añaden que:

Se estima que las plantas de soya absorben alrededor de 200 kg N ha^{-1} para obtener rendimientos de semilla de $2\ 500 \text{ kg ha}^{-1}$. Plantas bien noduladas que crecen en un ambiente favorable, son capaces de fijar al menos 270 kg N ha^{-1} .

Según Rosas y Young, (1996, p. 32)

El fósforo (P) es el elemento esencial para la transferencia de energía, por eso es usado en la formación y traslación de todo producto intermedio o final. La absorción de fósforo es relativamente constante a través de la fase de crecimiento, pero su mayor demanda es durante las etapas tempranas del desarrollo de las semillas. Niveles altos de fosforo inducen deficiencia de zinc y pueden acentuar la deficiencia de potasio. Por eso niveles moderados de fósforo son efectivos para el aumento de la producción, para producir $2\ 000 \text{ kg ha}^{-1}$ de soya se requiere entre 30 kg y 50 kg P ha^{-1} .

Rosas y Young, (1996, p. 32) mencionan:

Las plantas de soya usan relativamente grandes cantidades de potasio (K). La tasa de absorción de K se incrementa durante el período de rápido crecimiento vegetativo y declina cuando los granos empiezan a formarse. La aplicación total de K debe dividirse en dos momentos de aplicación, una al momento de la siembra y a los 30 días después de la siembra, cuando las raíces estén bien desarrolladas para evitar el lavado debido a que es susceptible al lavado y por escorrentía superficial.

Medina y Blandón (2010) evaluaron el efecto de fertilizantes orgánicos y sintéticos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de soya en el Centro Experimental El Plantel, Masaya, los resultados obtenidos en el estudio revelaron que el mayor rendimiento lo presentó el tratamiento orgánico con 1 816.61 kg ha⁻¹, seguido del tratamiento sintético con 1 318.38 kg ha⁻¹.

Otro estudio realizado por Zapata y Mejía (2011) en el cual realizaron combinaciones de fertilizantes sintéticos y orgánicos en el Centro Experimental El Plantel, Masaya, obtuvieron los mayores rendimientos con el fertilizante sintético con 1 923 kg ha⁻¹ seguido del combinado Bio-Green más sintético con 1 774.54 kg ha⁻¹.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del experimento

Este estudio se realizó en el Centro Experimental y Validación Tecnológica (CEVT), Las Mercedes propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km 11 Carretera Norte, entrada al CARNIC 800 m al Norte. Entre las coordenadas geográficas $12^{\circ}10'14''$ y $12^{\circ}08'05''$ de latitud Norte a $86^{\circ}10'22''$ y $86^{\circ}09'44''$ de longitud Oeste, a una altitud de 56 msnm (Flores y Lino, 2015).

El Centro Experimental y Validación Tecnológica se ubica al Norte de la ciudad de Managua. Colinda al sur con la Carretera Norte, al Norte con la orilla sur del lago Xolotlan, al Este con la cooperativa Pedro Altamirano y al Oeste con El Rodeo. En la figura 1 se indica la ubicación del Centro Experimental y Validación Tecnológica Las Mercedes.



Figura 1. Ubicación geográfica del Centro de Experimentación y Validación Tecnológica, Las Mercedes.

Fuente: Canales y Castillo (2019).

4.2 Descripción del suelo

Los suelos del Centro de Experimentación y Validación Tecnológica Las Mercedes son de textura franco arcilloso, del orden Inceptisol, pertenece a la serie Las Mercedes y son derivados de cenizas volcánicas, con alto contenido de potasio (Villanueva, 1990).

Según el laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria (LABSA-UNA, 2019), el suelo presenta un pH cercano a la neutralidad y con baja fertilidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis químico de suelo del área de estudio CEVT Las Mercedes UNA, Managua 2019

pH	MO (%)	N (%)	P(ppm)	K (Meq/100 g)	Prof. Mues (cm)
6.82	3.8	0.19	3.9	4.19	25
	Medio	Pobre	Pobre	A	

Fuente: Laboratorio de suelos y agua UNA (2019).

Se afirma que los contenidos de materia orgánica son medio, pues García (2007) señala que los contenidos medios de materia orgánica en los suelos de Nicaragua se encuentran entre 2.5 - 5 % y valores de 0.125 - 0.25 % para nitrógeno. Por debajo de estos se consideran pobres. En cuanto al fósforo, sus contenidos son pobres ya que el valor más considerable de este elemento en Nicaragua es de 20 ppm.

4.3 Condiciones ambientales

La temperatura durante el período de estudio varió entre 23.2 °C y 24.07 °C, con una precipitación media mensual de 27.52 mm y humedad relativa de 66.4 % (Figura 2).

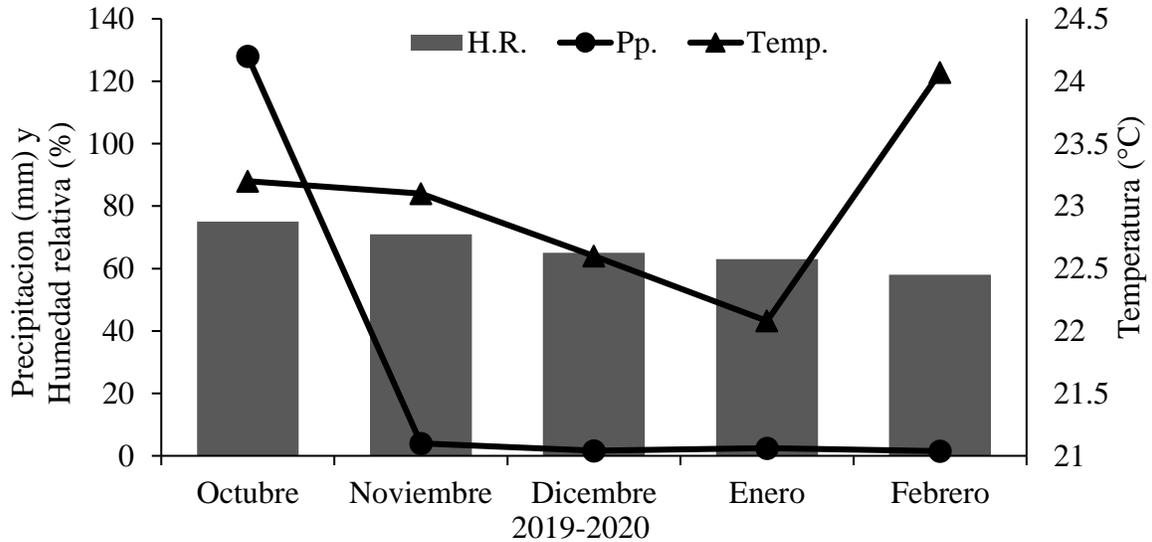


Figura 2. Promedios de temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm). Fuente: INETER (2019).

4.4 Material vegetativo

La variedad utilizada fue CEA-CH-86 de origen local, generada por el Centro Experimental del Algodón en 1986. Se obtuvo a partir de una planta con características botánicas diferentes dentro de un lote sembrado de variedad Cristalina, por lo que se considera una mutación natural. Actualmente es comercializada por el SEMSA (Semillas Mejoradas S.A) la cual se encuentra ubicada en el km 94.5 carretera a León. Las características de CEA-CH-86 se describen en el Anexo 3.

4.5 Inoculación de semilla

Se realizó utilizando una dosis de 0.26 kg ha^{-1} de inoculante (*Rhizobium japonicum*), diluido en agua no clorada (250 ml), y con cuatro ml de aceite vegetal como adherente. Se utilizó una bandeja para realizar la mezcla del inoculante con 0.51 kg de semillas de soya. Una vez que se observó que la semilla se humedeció, se procedió a la siembra.

4.6 Descripción de los tratamientos

En el Cuadro 2, se describen los tratamientos y las dosis utilizadas.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Dosis utilizada (kg ha ⁻¹)
Inoculado	0.26 con <i>Rhizobium japonicum</i>
Inoculado+12-28-12+Urea	100 de 12-28-12 y 60 de Urea
12-28-12+Urea	130 de 12-28-12 y 60 de Urea
Sin aplicación	0

4.7 Diseño experimental

Se utilizó un arreglo unifactorial en diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (Anexo 1).

Cuadro 3. Dimensiones de parcelas, bloques y área total del ensayo

Descripción	Dimensiones	Área total
Unidad experimental	2 m x 5 m	10 m ²
Bloque experimental	2 m x 23 m	46 m ²
Área experimental	11 m x 23 m	253 m ²

El área experimental estuvo conformada por 16 unidades experimentales y cada una por cinco surcos de cinco metros de longitud, de los cuales tres se consideraron como parcela útil.

4.8 Manejo agronómico

4.7.1 Preparación de suelo

La preparación del suelo se realizó de forma manual, y consistió en la limpia del área utilizando machetes, posteriormente se removió el suelo y se realizó el surcado a una distancia de 0.50 m utilizando azadón, estas actividades se realizaron entre el 10 y el 24 de octubre del 2019.

4.7.2 Siembra

La siembra se realizó de forma manual, el 26 de octubre de 2019, depositando la semilla a chorrillo en cada surco, a los cinco días después de su germinación se realizó raleo para dejar una distancia entre planta y planta de 10 cm. La cantidad de semilla utilizada fue de 51 kg ha⁻¹.

4.7.3 Fertilización

La dosis de fertilizante sintético se realizó según la guía técnica del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2020), que recomiendan dos quintales de completo 12-30-10 por manzana (129 kg ha⁻¹), y consistió en tres momentos de aplicación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Descripción de las dosis y momentos de aplicación en los tratamientos

Tratamientos	Dosis utilizada (kg ha ⁻¹)	Momentos de aplicación
Inoculado	0.26	momento de siembra
	100 de Urea	15 dds
Inoculado+12-28-12+Urea	60 de Urea	45 dds
	60 de Urea	15 dds
12-28-12+Urea	130 de completo	momento de siembra
	60 de Urea	45 dds
Sin aplicación	0	0

dds: días después de la siembra

4.7.4 Manejo de arvenses

Se realizó de manera manual con azadones y machetes con intervalos de 15 días a partir de los 15 dds hasta el cierre de calle a los 70 después de establecido el ensayo.

4.7.5 Riego

Se utilizó un sistema de riego por goteo, con una duración de tres horas y a intervalos de 1.5 días.

4.7.6 Cosecha

Se realizó a los 136 días después de sembrado (dds), de forma manual al completar el ciclo del cultivo, considerando como indicadores de cosecha, cambios en el color del follaje y en las vainas.

4.9 Variables evaluadas

Para la medición de las variables se seleccionaron diez plantas al azar dentro de cada parcela útil, con excepción de las variables nódulos por planta, nódulos efectivos y no efectivos, peso fresco y seco de nódulos, información registrada en cinco plantas.

4.8.1 Altura de planta (cm)

Esta se realizó usando una cinta métrica, desde la superficie del suelo hasta el ápice de la planta. El intervalo entre muestreo fue de los 21 dds hasta los 49 dds.

4.8.2 Diámetro de tallo (mm)

Se midió a una altura de cinco cm de la superficie del suelo utilizando un vernier o pie de rey. Se registró en paralelo al registro de altura de la planta.

4.8.3 Número de hojas por planta

Se contabilizó el número de hojas presentes en la planta, cada siete días a partir de los 21 dds.

4.8.4 Nódulos por planta

Se contabilizó el número de nódulos por planta, esto se realizó en dos momentos de muestreo, a los 30 dds y 60 dds.

4.8.5 Porcentaje de nódulos efectivos y no efectivos por planta

Se contabilizó el número de nódulos efectivos y nódulos no efectivos por planta a los 30 dds y 60 dds. Se considera un nódulo efectivo, cuando a lo interno presenta una coloración rojiza y no efectivo, cuando se observa una coloración grisácea.

4.8.6 Peso fresco y peso seco de nódulos (g)

Se determinó el peso fresco y peso seco de los nódulos con ayuda de una balanza digital (OHAUS, CS 5 000 g). En el caso del peso seco, los nódulos se dejaron al sol hasta observarse totalmente secos y luego se procedió a obtener su peso utilizando la balanza digital.

4.8.7 Número de vainas por planta

Se contabilizó el total de vainas por planta, seleccionando un total de diez plantas dentro de cada parcela útil, esto se realizó al momento de la cosecha.

4.8.8 Número de granos por vaina

Se seleccionaron 10 vainas por planta y se registró la cantidad de semilla por vaina.

4.8.9 Peso de 1 000 granos (g)

Se registró el peso en gramos de mil granos por cada tratamiento utilizando una balanza digital (OHAUS, CS 5 000 g).

4.8.10 Rendimiento (kg ha⁻¹)

Se determinó el peso de los granos cosechados en cada parcela útil, y se ajustó al 13 % de humedad, luego se expresó en a kg ha⁻¹.

4.10 Análisis económico

El análisis económico se realizó con la metodología propuesta por el Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1988). Esta consiste en realizar el presupuesto parcial, análisis de dominancia y tasa de retorno marginal.

4.11 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples de Duncan con un 5 % de margen de error. El análisis se realizó mediante el uso del programa estadístico InfoStat versión 2.9.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Altura de planta (cm)

“La altura de planta es el resultado de la elongación del tallo, al acumular nutrientes producidos en la fotosíntesis” (Orozco, 1996).

“La altura de planta de soya puede variar entre 0.30 m a 1.0 m de altura y está fuertemente influenciada por caracteres varietales, ambientales, fisiológicos y del manejo agronómico” (Rosas y Young, 1996).

El análisis estadístico (Cuadro 4), indica que existe efecto de los tratamientos en la altura de planta a los 21 dds, a los 42 dds y a los 49 dds. Siendo el tratamiento 12-28-12 + Urea el que presentó las mayores alturas desde los 21, a los 49 días después de la siembra. Estas diferencias se debieron a que el efecto del fertilizante dio respuesta inmediata por la disponibilidad de nutrientes (Zapata y Mejía, 2011).

Los resultados de este estudio, fueron similares a los obtenidos por Canales y Castillo (2019), quienes reportaron alturas de 34.49 cm con tratamiento inoculado con *Rhizobium japonicum* a los 48 dds, y también fueron superiores a los obtenidos por Zapata y Mejía (2011), quienes reportan alturas de 36 cm a los 48 dds con tratamiento sintético.

Rosas y Young (1996), indican que el cultivo de soya se adapta a temperaturas de 22 a 30 °C, precipitaciones entre 500 y 600 mm y un pH de 6.0.

Cuadro 5. Altura de planta (cm) según tratamientos en diferentes momentos de muestreo

Tratamientos	21 dds	28 dds	35 dds	42 dds	49 dds
Inoculado	12.74 b	18.15	26.33	27.78 b	34.50 b
Inoculado+12- 28+12+Urea	13.43 a b	19.98	27.08	29.10 a b	36.90 a b
12-28-12+Urea	14.23 a	20.50	28.55	30.88 a	38.83 a
Sin aplicación	13.18 a b	19.70	28.03	29.45 a b	36.53 a b
<i>P</i> (<0.05)	0.01	0.08	0.08	0.02	0.02
CV	4.13	5.81	4.12	3.87	4.47

Letras distintas indican diferencias significativas, dds: días después de la siembra.

5.2 Diámetro de tallo (mm)

El diámetro de tallo está determinado por factores genéticos e influenciados por condiciones edáficas, nutricionales y ambientales. Es un parámetro de importancia para medir el rendimiento, también es importante porque evita el acame o la rotura de los tallos (Cajina, 2001).

No se registraron diferencias por efecto de los tratamientos (Cuadro 5), esto se debió por el bajo porcentaje de fósforo de la fórmula 12-28-12. Ya que Avellaneda y Avellaneda (1999), afirman que niveles bajos de fósforo y potasio afecta el diámetro de tallo en la planta de soya. Esto concuerda con los resultados de análisis de suelo obtenidos en el área de estudio ya que se registraron niveles bajos en este elemento. Medina y Blandón (2010), no encontraron diferencias estadísticas para esta variable.

Cuadro 6. Diámetro de tallo (mm) según tratamientos en diferentes momentos de muestreo

Tratamientos	21 dds	28 dds	35 dds	42 dds	49 dds
Inoculado	0.30	0.34	0.38	0.46	0.51
Inoculado+12- 28+12+Urea	0.28	0.36	0.40	0.46	0.55
12-28-12+Urea	0.31	0.37	0.38	0.44	0.53
Sin aplicación	0.32	0.35	0.36	0.43	0.51
<i>P</i> (<0.05)	0.07	0.75	0.50	0.54	0.54
CV	6.37	9.71	8.79	7.89	7.99

Letras distintas indican diferencias significativas, dds: días después de la siembra.

5.3 Número de hojas por planta

Sobalvarro y Cruz, (1999, p. 17) indican lo siguiente:

Las hojas son los órganos primarios en el proceso de la fotosíntesis, por lo que tienen una relación directamente proporcional en el crecimiento y rendimiento del cultivo. La cantidad de hojas por planta depende de la variedad, condiciones agroecológicas y el manejo del cultivo.

No se registraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos para el número de hojas por planta (Cuadro 6) la no significancia pudo haber ocurrido debido a que el número de hojas en el cultivo de soya es una característica genética.

Bonilla y Brenes, (2004) afirman que “la respuesta del cultivo a la fertilización con fósforo y potasio para esta variable es evidente” (p.18).

Melgar y Lavendera, (1999) indican que “con aplicaciones de 30 kg ha⁻¹ de fósforo y 50 kg ha⁻¹ de potasio permiten desarrollar un mayor número de hojas por planta”.

Los resultados fueron superiores a los obtenidos por Canales y Castillo (2019), quienes obtuvieron 10.34 hojas por planta a los 48 dds usando inoculante a base de *Rhizobium japonicum*.

Cuadro 7. Número de hojas por planta en el cultivo de soya según tratamientos en diferentes momentos de muestreo

Tratamientos	21 dds	28 dds	35 dds	42 dds	49 dds
Inoculado	3.13	5.25	8.28	10.40	12.45
Inoculado+12- 28+12+Urea	3.25	5.45	8.55	10.80	13.03
12-28+12+Urea	3.38	5.10	7.55	9.63	11.80
Sin aplicación	3.28	5.00	7.20	9.25	11.65
<i>P</i> (<0.05)	0.58	0.45	0.09	0.17	0.68
CV	7.60	7.71	9.15	9.69	14.30

dds: días después de la siembra.

5.4 Nódulos por planta

El cultivo de soya tiene la habilidad de asociarse con bacterias fijadoras de nitrógeno como *Rhizobium japonicum* y a través de la fijación biológica obtener gran parte del nitrógeno que requiere para su crecimiento y rendimiento, esta habilidad de fijación depende de la eficiente nodulación (Fornasero y Tonuitti, s.f).

Fernández (2003), menciona que:

las etapas que se dan para que se produzca la infección y nodulación son: reconocimiento mutuo entre planta y bacteria, adherencia de las bacterias a los pelos absorbentes, enroscamiento de los pelos absorbentes, invasión del pelo radical y formación de cordón infeccioso, desplazamiento de las bacterias hacia la raíz principal y finalmente el establecimiento del nódulo funcional maduro.

El análisis estadístico (Cuadro 8), indica que no existe efecto de los tratamientos para el número de nódulos por planta a los 30 dds. Y el (Cuadro 9) correspondiente a los 60 dds muestra que existe efecto en los tratamientos, siendo la inoculación el que registra mayor número de nódulos por planta a los 60 dds.

Estas diferencias se debieron a que se realizó una buena técnica de inoculación, además de la disponibilidad de agua y las buenas condiciones ambientales durante los primeros estadíos del cultivo, ya que según Hungría y Vargas (2000), las altas temperaturas, la sequía y la acidez del suelo limitan la formación de nódulos.

5.5 Porcentaje de nódulos efectivos y no efectivos por planta

La coloración rojiza en el interior de los nódulos es la manera más práctica de determinar la efectividad o la asociación simbiótica entre bacterias y planta. Esta práctica consiste en cortar los nódulos a la mitad, si se observa una coloración rojiza, significa que hay actividad de la

bacteria (nódulos efectivos), por el contrario, si presentan una coloración grisácea significa que no hay efectividad (Peticari *et al.* 2003).

Los resultados (Figura 3) indican que el tratamiento Inoculado + 12-28-12 + Urea presenta el mayor porcentaje de nódulos efectivos a los 30 dds y 60 dds con 98.46 % y 97 % respectivamente.

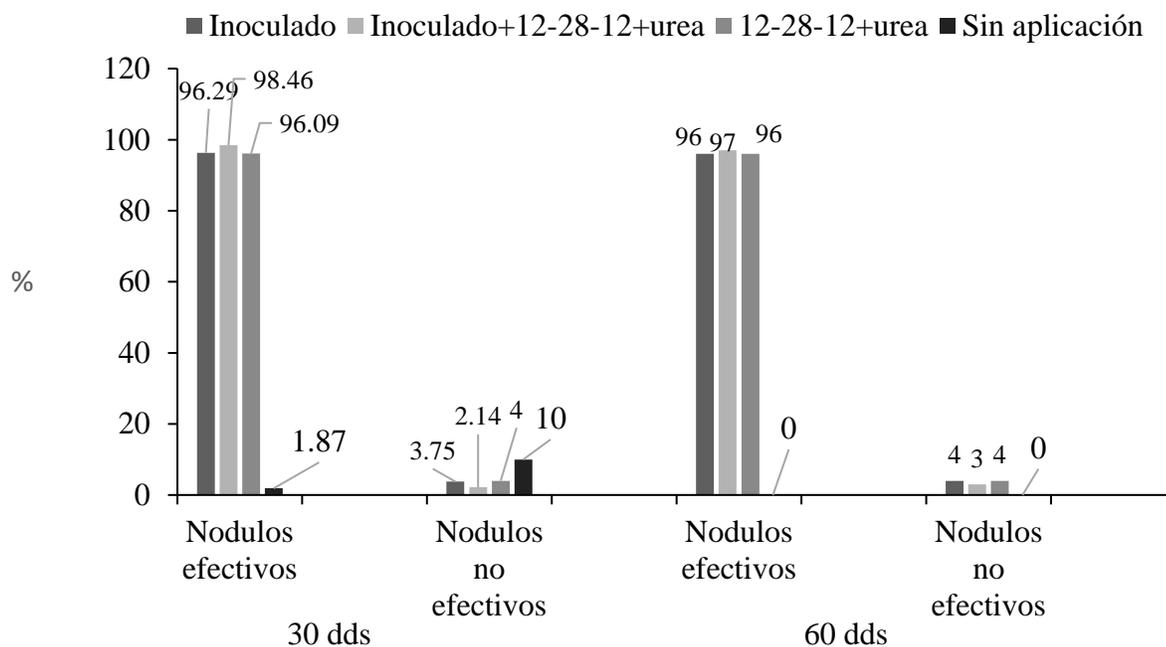


Figura 3. Porcentajes de nódulos efectivos y no efectivos a los 30 dds y 60 dds.

5.6 Peso fresco y peso seco de nódulos (g)

Los resultados indican (Cuadro 8) que no existe diferencias estadísticas por efecto de los tratamientos para el peso fresco y seco de los nódulos a los 30 dds. Y en el (Cuadro 9) correspondiente a los 60 dds, el análisis indica efecto en los tratamientos y se agrupan en tres categorías diferentes, siendo el tratamiento inoculado con el mayor peso fresco de nódulos.

Según Neyra (1995) el peso de los nódulos está relacionado en forma directa con la actividad de la fijación del nitrógeno, y el número de nódulos, es un indicativo de la condición de la

raíz para la infección de las bacterias, sin embargo, estos dos factores no son completamente independientes. Cuando una planta tiene pocos nódulos, en general estos son más grandes que cuando los nódulos son abundantes. En contraste, Iribarne *et al.* (1998), reportaron una baja correlación de estas variables, al encontrar que el mayor peso seco de los nódulos no se correlacionó con un mayor número de nódulos.

Cuadro 8. Nódulos por planta, peso fresco y seco de nódulos a los 30 dds según tratamientos

Tratamientos	Nódulos por planta	Peso fresco de nódulos (g)	Peso seco de nódulos (g)
Inoculado	8.10	0.43	0.09
Inoculado+12-28+12+Urea	3.25	0.18	0.04
12-28+12+Urea	6.40	0.32	0.11
Sin aplicación	5.33	0.22	0.07
<i>P</i> (>0.05)	0.0959	0.0873	0.0946
CV	41.55	44.62	49.58

Medias con la misma letra son significativamente iguales, dds: días después de la siembra.

Cuadro 9. Nódulos por planta, peso fresco y seco de nódulos a los 60 dds según tratamientos

Tratamientos	Nódulos por planta	Peso fresco de nódulos (g)	Peso seco de nódulos (g)
Inoculado	28.10 a	1.95 a	0.52 a
Inoculado+12-28+12+Urea	23.45 a	1.29 b	0.40 a
12-28+12+Urea	18.15 ab	0.66 c	0.23 b
Sin aplicación	7.65 b	0.23 c	0.10 b
<i>P</i> (<0.05)	0.0119	0.0001	0.0001
CV	35.40	27.38	24.10

Medias con la misma letra son significativamente iguales, dds: días después de la siembra.

Comparando el Cuadro 8 con el Cuadro 9 se observa la evolución en la formación de los nódulos, número de nódulos efectivos y no efectivos, así como el peso fresco y peso seco de los mismos a los 30 dds, este efecto cambió en el muestreo realizado a los 60 dds ya que se observó una mayor cantidad de nódulos por planta, así como también el peso de los mismos. Este comportamiento concuerda con los resultados de Varco (1999) y Valencia (2010) quienes concluyen que la mayor nodulación en el cultivo de soya empieza a incrementar a medida que avanza el ciclo del cultivo. Los resultados de estos mismos autores indican que

los mayores pesos y números de nódulos por planta se observan desde el inicio de la floración hasta el llenado de grano.

5.7 Número de vainas por planta

En el año (2010, p. 14) Zapata y Mejía, mencionan que:

El número de vainas por planta es uno de los componentes más importantes en el rendimiento de grano y que tiene una correlación inversamente proporcional entre las arvenses y el rendimiento. Por lo tanto, recomiendan realizar adecuados controles de arvenses para que no incidan negativamente en el número de vainas por planta.

Cajina (2001), “menciona que la producción de vainas por planta en soya está influenciada por factores como la variedad, tipo de fertilización y condiciones ambientales”.

El análisis estadístico (Cuadro 10), indica efecto por los tratamientos para el número de vainas por planta, siendo el tratamiento Inoculado + 12-28-12 + Urea con el que se registra el mayor número de vainas por plantas, seguido del tratamiento Inoculado.

Esto demuestra que la aplicación del inoculante proporcionó una mayor actividad en la fijación biológica de nitrógeno y las aplicaciones de fertilizantes sintéticos, influyó en el número de vainas.

El número de vainas fue similar a los obtenidos por Medina y Blandón (2010), y superiores a los reportados por Zapata y Mejía (2011), quienes obtuvieron 87.43 y 68.10 vainas por planta, al utilizar fertilizantes sintéticos.

5.8 Número de granos por vainas

El número de granos por vainas es una característica propia de cada variedad, aunque puede variar de una zona a otra por las diferentes condiciones ambientales (Urbina, 1990).

Rosas y Young (1996), afirman que el número de granos por vainas en soya varía de 1 a 4, siendo más común 2 a 4 granos por vainas según sea la variedad.

No se registraron diferencias en los tratamientos para el número de granos por vaina (Cuadro 10), estos resultados coinciden con los encontrados por Medina y Blandón (2010), al evaluar el efecto de fertilizantes sintéticos, no registrando diferencias estadísticas. Esto se debe a que el número de granos por vaina en la planta de soya es una característica propia de cada variedad.

5.9 Peso de 1 000 granos (g)

Esta variable demuestra la capacidad que tienen las plantas de trasladar los nutrientes acumulados en el tallo durante el desarrollo vegetativo hasta el grano en la etapa reproductiva. El peso de granos es un carácter que está determinado por factores genéticos ambientales y por el manejo agronómico (Cajina, 2001).

No se registran diferencias en esta variable (Cuadro 10), Rosas y Young (1996), mencionan que el “segundo período crítico de humedad en soya es durante la formación de vainas y el llenado de granos, la falta de agua durante el llenado de grano repercute en un tamaño reducido de las semillas” (p. 13).

Racca y Pollino (2005), afirman que “cuando se observa déficit hídrico en la planta de soya, conlleva a un pobre o poco desarrollo del sistema nodular y a inactivar el proceso de nitrogenasa” (p.111).

La no significancia en este estudio pudo haber ocurrido debido a que en este período se presentaron problemas con el sistema de riego en las etapas R5 y R6 y esto debió influir en la reducción en el peso y rendimiento de granos.

Cuadro 10. Número de vainas por planta, granos por vaina y peso de 1 000 granos según tratamientos

Tratamientos	Número de vainas/planta	Granos / vainas	Peso de 1 000 granos (g)
Inoculado	113.48 a b	2.80	145.50
Inoculado+12-28-12+Urea	149.00 a	2.75	142.93
12-28-12+Urea	88.10 b	2.83	127.98
Sin aplicación	87.73 b	2.65	123.31
<i>P</i> (<0.05)	0.03	0.06	0.26
CV	24.34	2.98	12.90

Letras distintas indican diferencias significativas.

5.2.4 Rendimiento de grano (kg ha⁻¹)

“El rendimiento del grano es la variable principal de cualquier cultivo y está relacionado al potencial genético de la variedad y está determinado por el genotipo del cultivo, la ecología y el manejo agronómico” (Alvarado, 2000).

Díaz (2004), afirma que “el rendimiento de la soya depende de diversos componentes que ayudan a comprender los bajos y altos rendimientos, estos son: número de vainas por planta, número de granos por vainas y peso de los granos”.

La Figura 4 nos indica que no se registran diferencias en el rendimiento. Sin embargo, resultan ser inferiores a los obtenidos por Canales y Castillo (2019), quienes lograron rendimientos de 2 875 kg ha⁻¹ usando *Rhizobium japonicum* como inoculante.

Los bajos rendimientos obtenidos se deben a que durante las fases fenológicas R5, R6, por inconvenientes en el sistema de riego, el cultivo no recibió la cantidad de agua adecuada para completar su ciclo normal. Esto coincide con lo afirmado por Sinclair *et al.* (2000), que la soya es altamente sensible al estrés hídrico.

Bustamante (2001), indica que “los estadíos R₅ y R₆ son los períodos más críticos ya que un estrés hídrico reducirá el rendimiento, al reducir el tamaño de los granos y el peso de los mismos”.

Feninger y Lobos (2016), señalan que “se obtienen buenos rendimientos (2 821 kg ha⁻¹ y 6 154 kg ha⁻¹) cuando existen excelentes condiciones hídricas desde la floración hasta la madurez fisiológica” (p.15).

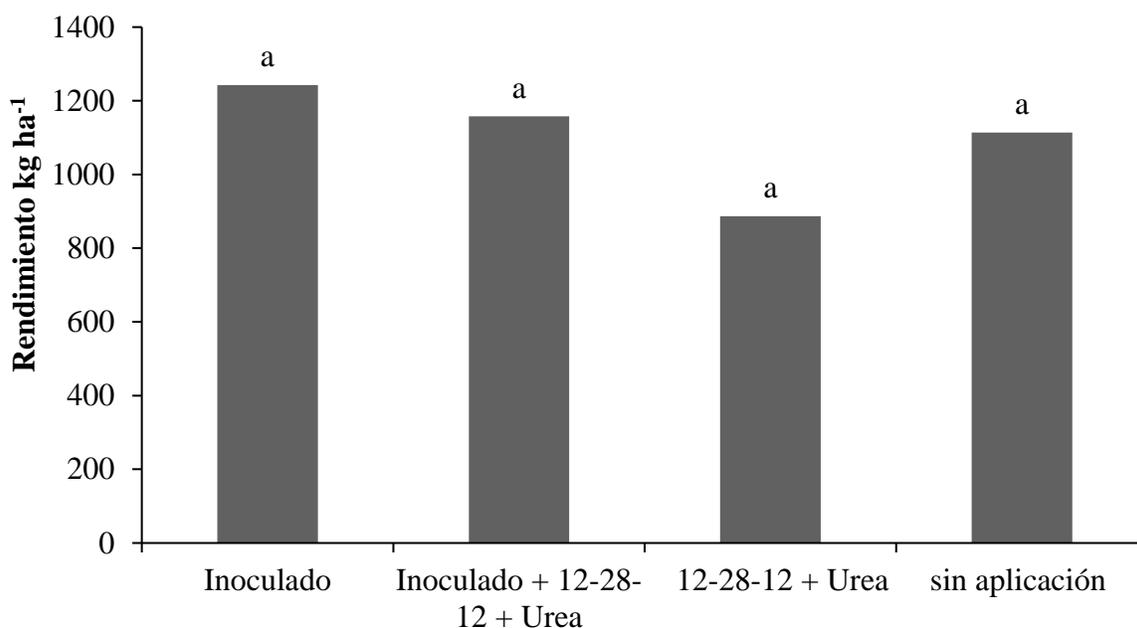


Figura 4. Rendimiento (kg ha⁻¹) según tratamientos.

5.3 Análisis económico

Los resultados agronómicos se sometieron a un análisis económico, para determinar que tratamiento es económicamente factible.

5.3.1 Análisis del presupuesto parcial

Según el CIMMYT (1988), el paso inicial para realizar un análisis económico de ensayos en campo es calcular todos los costos que varían para cada uno de los tratamientos; es decir los costos relacionados a insumos, mano de obra y preparación del suelo.

Los costos variables totales se determinan con relación al costo del inoculante, los fertilizantes sintéticos, costos de aplicación y costo de transporte que varían de un tratamiento a otro. Los rendimientos obtenidos fueron ajustados a un 10 % al fin de reflejar las diferencias entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría obtener utilizando la misma tecnología.

El rendimiento ajustado fue multiplicado por el precio del producto a una tasa de cambio 34.02 córdobas por unidad. El beneficio bruto es igual al precio de campo por el rendimiento ajustado. El beneficio neto se obtiene del beneficio bruto menos los costos totales variables.

Cuadro 11. Presupuesto parcial según tratamientos

componentes del presupuesto parcial	Tratamientos			
	Inoculado	Inoculado+12-28-12+Urea	12-28-12+Urea	Sin aplicación
Rendimiento kg/ha ⁻¹	1 242.50	1 157.50	887	1 113.50
Ajuste del rendimiento (10%)	124.25	115.75	88.7	111.35
precio de campo	0.73	0.82	0.82	0.58
Rendimiento ajustado	1 118.25	1 041.75	798.3	1 002.15
Beneficio bruto de campo USD ha ⁻¹	816.3225	854.235	654.606	581.247
Costo del fertilizante sintético		47.06	47.06	0
Costo del inoculante	7	7	0	0
Costo de cosecha USD ha ⁻¹	75.87	75.87	75.87	60.69
Total de costos variables	129.57	176.63	169.63	107.39
Beneficio neto	686.75	677.60	484.97	473.85

Cambio del dólar: 34.02 C\$.

El análisis económico practicado a los diferentes tratamientos presentó USD 129.57 y USD 176.63 en costos variables para la aplicación de dosis de Inoculante e Inoculante+12-28-12+Urea, y USD 169.63 en la aplicación de 12-28-12+Urea. En el Cuadro 11 se observa que la utilización de 12-28-12 más urea, incrementó los costos variables totales y obtuvo el menor beneficio neto, así mismo se puede observar que el tratamiento con inoculante presentó mayor beneficio neto (USD 686.75).

5.3.2 Análisis de dominancia

Después de haber realizado el análisis de presupuesto parcial se determinó cuáles de los tratamientos han sido dominado y cuáles no. Un tratamiento es dominado por otro tratamiento cuando tiene mayores costos variables y beneficio netos menores o iguales al tratamiento en comparación (CIMMYT, 1988).

Cuadro 12. Análisis de dominancia según tratamientos

Tratamientos	Costos variables USD ha⁻¹	Beneficios netos USD ha⁻¹	Dominancia
Sin aplicación	107.39	473.85	D
Inoculado	129.57	686.75	ND
12-28-12+Urea	169.63	484.97	D
Inoculado+12-28- 12+Urea	176.63	677.60	ND

ND: No dominado D: Dominado

En el análisis de dominancia (Cuadro 12), se observa que los tratamientos Inoculado e Inoculado+12-28-12+Urea fueron los no dominado (ND) debido a su alto beneficio neto y menores costos variables.

5.3.3 Tasa de retorno marginal

Se calcula entre los tratamientos no dominados (comenzando con el tratamiento de menor costo) el cual nos indica el promedio de ganancia que se espera cuando se decide cambiar una práctica por otra.

Se puede observar que el análisis de retorno marginal (Cuadro 13), reflejó que el tratamiento Inoculado+12-28-12+Urea es rentable, ya que por cada dólar que es invertido por el agricultor obtiene una tasa de retorno marginal del 19 %, siendo estos beneficios mayores que los que aportan los demás tratamientos comparados, de tal manera que por cada dólar que invierte el agricultor obtiene una ganancia de 19 centavos dólar.

Cuadro 13. Tasa de retorno marginal

Tratamientos	Costo variable	Costo marginal	Beneficio neto	Beneficio marginal	Tasa de retorno marginal (%)
Inoculado	129.57		686.75		
		47.06		9.15	
Inoculado+12-28-12+Urea	176.63		677.60		0.19

VI. CONCLUSIONES

Las variables altura de planta, número de nódulos, peso fresco y seco de nódulos presentaron diferencias estadísticas.

En los componentes de rendimiento, únicamente la variable número de vainas por planta presentó diferencias significativas.

El análisis económico a través de presupuesto parcial mostró que el tratamiento Inoculado presentó la mayor rentabilidad, debido a que registró menores costos variables y mayor beneficio neto.

VII. LITERATURA CITADA

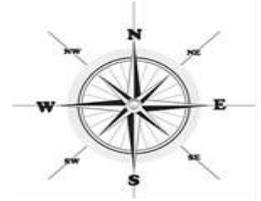
- Avellaneda, J., y Avellaneda, L. (1999). *Ensayo de fertilización en soya*. San Marcelo, Teodelina (Santa Fe)-Campaña 1998-1999. En jornada de actualización para profesionales “fertilización de soya” INPOFOS, Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina. 36 p.
- Alvarado, N. (2000). *Transformación de tres componentes del sistema tradicional de producción del cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L), hacia una producción sostenible* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Ba, A., Samba, R., Sylla, S., Roux, C., Neyra, M., Rousteau, A., Imbert, D., and Toribio, A. (2004). Characterization of the diversity of symbiotic microorganisms in *Pterocarpus officinalis* in swamp forests of Guadeloupe and Martinique. *Revue de Ecologie-la terre et la vie*, 59: 163170.
- Bonilla, E., y Brenes, A. (2004). *Evaluación de dosis de fósforo y potasio en el cultivo de la soya (*Glycine max* L.) variedad CEA-CH-86: su efecto sobre el crecimiento y rendimiento* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Bustamante, M. (2001). *Cultivo de soya*, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Cajina, U. (2001). *Evaluación de diferentes arreglo de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de la soya (*Glycine max* L. Merr), variedad CEA-CH-86*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Canales Umanzor, A. S., y Castillo Gutiérrez, I. M. (2019). *Efecto del inoculante Nitronat (*Rhizobium japonicum*) en dos variedades de soya (*Glycine max* L. Merrill) en postrera, en el centro experimental de validación tecnológica, las Mercedes* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económico*. Edición completamente revisada. Mexico DF. México: CIMMYT.
- Díaz, M. (2004). *Manual práctico para la producción de soja*. Hemisferio Sur. Buenos Aire, Argentina.
- Feninger, Y., y Lobos, H. (2016). *Evaluación del comportamiento de los diferentes grupos de madurez de soya (*Glycine max* L. Merr), en la región semiárida Pampeana*.
- Fernández, C, M. (2003). *Manual de nodulación*, Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 53 p. recuperado de <http://www.nitrugin.com/>

- Fornasero, L., y Toniutti, M. (s.f). *Evaluación de la nodulación y rendimiento del cultivo de soja con la aplicación de distintas formulaciones de inoculantes*. Universidad Nacional del Litoral, provincia de Santa fe.
- Flores Arias, H. P., y Lino Frank, J. M. (2015). *Eficiencia de dos tipos de fertilizantes sintéticos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L)* (Tesis de grado). Managua, Nicaragua. 42p. <http://repositorio.una.edu.ni/3209/1/tmf04f634t.pdf>
- Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (2013). El estado actual de la soja en Nicaragua y sus desafíos. <http://www.renida.net.ni/renida/funica/REE10-SA112.pdf>
- García, S. (1997). *Evaluación de diferentes prácticas culturales sostenibles y su impacto sobre la cenosis de las malezas, granos básicos y leguminosas* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1922>
- García, L. (2007). *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 206 p.
- Hungría, M., y Vargas, M. (2000). Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. *Field Crops Research*, 65(2-3), 151-164.
- Hungría, M., Boddey, L., Santos, M., and Vargas, M. (1998). Nitrogen fixation capacity and nodule occupancy by Bradyrhizobium japonicum and B. elkanii strains. *Biol Fertil Soils*, 27:393–399.
- Instituto Nicaragüense de estudios territoriales, (2020). Departamento de agrometeorología, Managua, Nicaragua.
- Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias (2005). *Inoculación en soja: un nuevo sistema que permite mejorar la captura de nitrógeno*. Argentina.
- Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias (INTA). (2020). *Recomendaciones para la producción de soja*, Municipios del departamento de Managua.
- InfoStat, (2009). InfoStat, versión 2009. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. 334p.
- Instituto Nicaragüense de Información de Desarrollo. (2012). *El estado actual de la soja en Nicaragua y sus desafíos*. <http://www.renida.net.ni/renida/funica/REE10-SA112.pdf>
- Iribarne, M., Balagué, L., Diosma, D., y Balatti, P. (1998). Capacidad de fijación de nitrógeno de estirpes autóctonas de Mesorhizobium spp. en simbiosis con dos

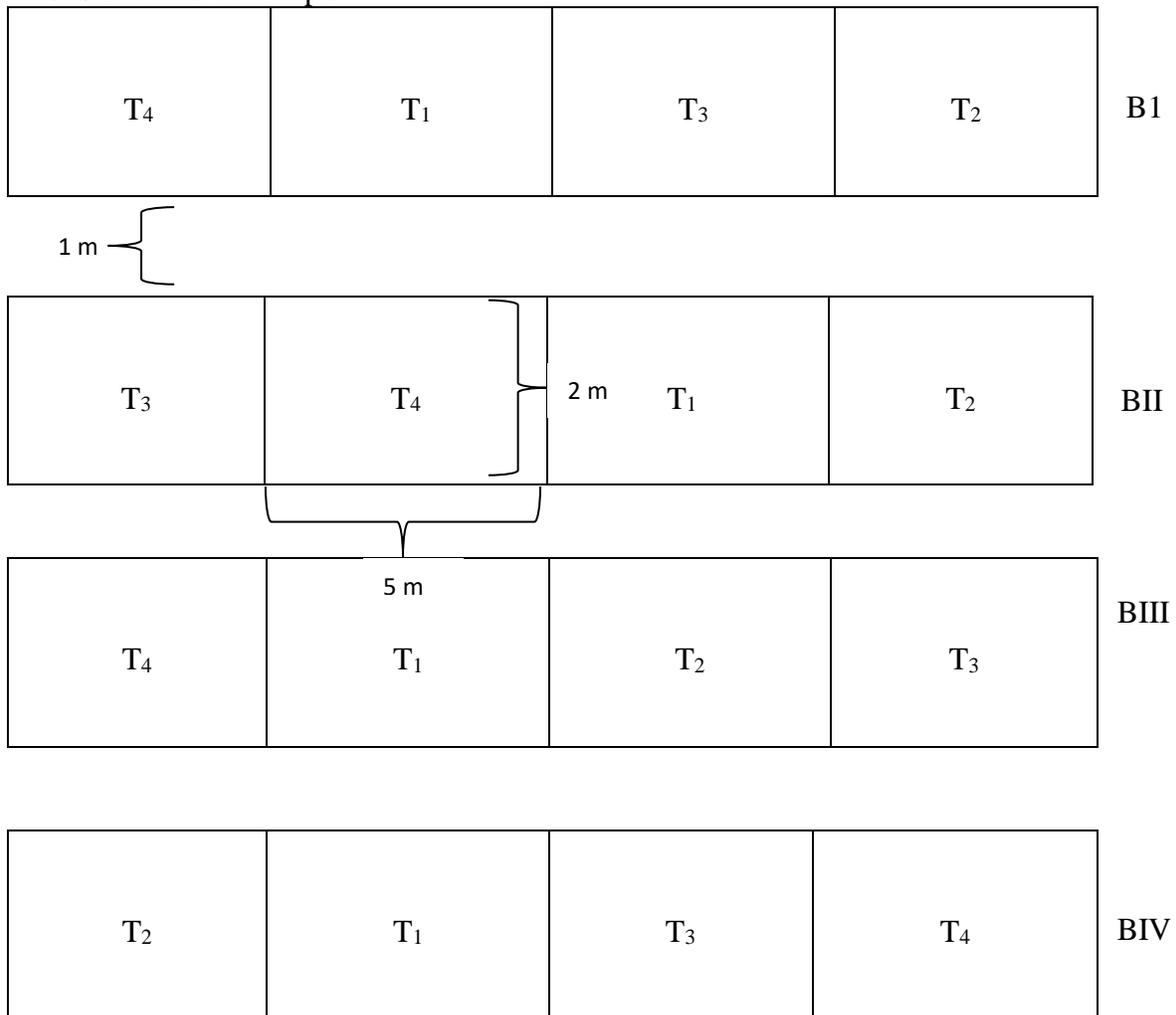
- poblaciones mejoradas de *Lotus glaber* (Miller). *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 103 (2):157-164.
- Jordan, D. C. (1982). Transfer of *Rhizobium japonicum* to *Bradyrhizobium* gen. nov., a genus of slow-growing, root nodule bacteria from leguminous plants. *International Journal Systematic Bacteriology*, 32(1):136-139.
- Labza. (2004). *Tratamientos con semillas con (PGPR) y anti fúngicos en soya 2016-2017*. <http://www.inoculantespalaversich.com/pdf/ensayos/05DHPGalvesBARMAXNORTE17.pdf>
- Medina Portillo, A. L., y Blandon Sarantes, L. (2010). *Efecto de fertilizantes orgánicos y sintéticos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de soya (Glycine max L) merrill*, *El Plantel, Masaya*, (Tesis de grado). <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04m491.pdf>
- Melgar, R., y Lavendera, J. (1999). *Resultados de ensayos de fertilización en soya*. Campaña 1998/1999. En jornada de actualización técnica para profesionales “fertilización de soya”. INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires.
- Montero, R. A., y Mata, E. J. (1988). *La soya: Guía para su cultivo y consumo en Costa Rica*. Edit. Univ. Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Nápoles, M.C., y Ferreira, A. (2014). *Efecto de diferentes inoculantes sobre la nodulación de la soya cultivada en condiciones de estrés*. *Cultivos tropicales*, 35(4), 45-51. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1932/193232493006>
- Neyra, M. (1995). *Manual técnico de la fijación simbiótica del nitrógeno: leguminosa-rhizobium*. FAO, Roma. 185 p.
- Orosco, M. (1996). *Efecto de tres niveles de gallinaza en plantaciones de cacao (Theobroma cacao L.)* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 154.
- Perticari, A., Arias, N., Baigorri, H., De Battista, J., Lett, L., Montecchia, M., Pacheco, J., Simonella, A., Toresani, S., Ventimiglia, L. y Vicentini, R. (2003). *Inoculación y fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de soja*. En: *El libro de la soja*. Ed. SEMA. Capítulo 7, pp. 69-76.
- Racca, R., y Pollino, D. (2005). *Bases fisiológicas para el manejo de la fijación biológica del nitrógeno en soja*. *Actas del Congreso Mundo Soja*, Buenos Aire, Argentina, p111-120.
- Rosas, J., y Young, R. (1996). *El cultivo de la soya*. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2416/3/01.pdf>
- Salazar, J. (2005). *Manual técnico del cultivo de soya*. Managua, Nicaragua.

- Sinclair, T., Purcell, L., Vadez, V., Serraj, R., King, C., and Nelson, R. (2000). Identification of Soybean Genotypes with N₂ Fixation Tolerance to Water Deficits *Crop Sci.*, 40(6):1803– 1809.
- Sobalvarro, V., y Cruz, I. (1999). *Estudio de periodos de enmalezamiento y en el control de malezas sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de soya (Glycine max (L) Merr), variedad CEA-CH-86.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1780>
- Urbina, L. M. (1990). *Influencia de rotación de cultivos y métodos de control sobre las malezas y su crecimiento y rendimiento de la soya (Glycine max L.)* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Valencia, R. (2010). *Respuesta diferencial de variedades de soya a la asociación simbiótica con cepas de Bradyrhizobium japonicum, en Oxisoles, de la Orinoquia Colombiana.* Universidad Nacional De Colombia. Sede Bogotá.
- Varco, J. (1999). Nutrition and fertility requirements. In: heatherty, L. G. & Hodges, H. F. (Eds.), *Soybean production in the Midsouth* (pp. 53-70). CRC Press, Boca Raton, FL, EE.UU.
- Villanueva, E. (1990). *Los suelos de la finca las Mercedes y las propiedades más relevantes para planear su uso y manejo* (Tesis de grado) Universidad Nacional Agraria, UNA. <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2589>
- Zapata Quiñonez, F. A., y Mejía Mendoza, N. G. (2011). *Evaluación del rendimiento del cultivo de soya (Glycine max (L) Merr), bajo la fertilización orgánica, sintética y combinada, en la finca el plantel* (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, UNA. <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01z35.pdf>

VIII. ANEXOS



Anexo 1. Plano de campo



T₁: Inoculado

T₂: Inoculado+12-28-12+Urea

T₃: 12-28-12+Urea

T₄: sin aplicación

Anexo 2. Descripción de los estadios reproductivos del cultivo de soya

Estadio	Nombre	Descripción (duración)
R ₁	Inicio de floración	Una flor en cualquier nudo (1-7 días).
R ₂	Floración completa	Una flor en uno de los dos últimos nudos del tallo principal (5-15 días).
R ₃	Inicio formación de vainas	Vaina de 5 mm en uno de los 4 nudos superiores (4-26 días).
R ₄	Vaina formada	Vaina de 2 cm en uno de los 4 nudos superiores (4-26 días).
R ₅	Llenado de vainas	Semilla 3 mm en uno de los 4 nudos superiores (11-20 días).
R ₆	Semilla formada (vaina llena)	Semillas llenan la cavidad de la vaina en uno de los 4 nudos superiores (3-9 días).
R ₇	Madurez fisiológica	Una vaina en el tallo principal alcanza color de vaina madura, 50% hojas amarillas (7-18 días).
R ₈	Madurez completa	95% de vainas con color típico de la madurez.

Fuente: Montero y Mata (1988).

Anexo 3. Características de la variedad CEA-CH-86

Cultivo	Soya
Variedad	CEA-CH-86
Característica	Descripción
Color de la flor	Purpura
Color de la vaina	Crema
Color de la pubescencia	Gris
Días a floración	50 días
Ciclo vegetativo	155 días
Ciclo	Tardío
Altura de la planta	60-100 cm
Inserción de la primera vaina (promedio)	18 cm
Vainas por planta (promedio)	80
Potencial genético	3 220 kg ha ⁻¹

Fuente: Canales y Castillo (2019).