



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

Crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí en respuesta a dosis de bioestimulante, fertilización orgánica y fertilización sintética

Autores

Br. César René Baltodano Mejía
Br. Lucío Javier Díaz Zeledón

Asesores

MSc. Roberto Carlos Larios González
Ing. Miguel Jerónimo Ríos

Managua, Nicaragua
Febrero, 2024



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

**Crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí
en respuesta a dosis de bioestimulante,
fertilización orgánica y fertilización sintética**

Autores

Br. César René Baltodano Mejía
Br. Lucío Javier Díaz Zeledón

Asesores

MSc. Roberto Carlos Larios González
Ing. Miguel Jerónimo Ríos

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

Managua, Nicaragua
Febrero, 2024

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección Específica de Ciencias Agrícola como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero agrónomo

Miembros del honorable comité evaluador


MSc. Martha Elizabeth Moraga Quezada
Presidente


Ing. Harlem Tania Ríos Peralta
Secretaria


MSc. Jorge Antonio Gómez Martínez
Vocal

Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua 27 de febrero del 2024.

DEDICATORIA

A Dios por concederme el don de la vida, sabiduría, salud y las fuerzas necesarias para realizar mis estudios profesionales.

A mis padres César Enrique Baltodano Baldizon y Brenda María Mejía Zamora, por su apoyo incondicional durante todos mis estudios realizados, por el sacrificio e inversión en los distintos cursos de aprendizaje y el amor que siempre me han brindado; y por los valores de calidad que me han fomentado.

A mis hermanos Rafael y Rubén y a mis amigos Armando, Jairo, Yelkin, Hamilton y mi compañero de tesis Lucío que me han motivado y apoyado durante mi formación profesional.

Br. César René Baltodano Mejía

DEDICATORIA

A Dios Padre quien me ha brindado la salud y fuerza necesaria para poder culminar mi preparación profesional.

A mis padres Sayda Zeledón Siles y Francisco Javier Díaz Muñoz quienes han inculcado valores desde mi infancia para convertirme en una persona de bien, a mis hermanos y hermanas que han sido ejemplo de profesionalidad y me han brindado su apoyo moral y económico para poder alcanzar esta meta.

A mis amistades con las que he logrado compartir muy gratos momentos, sirviendo de apoyo en circunstancias difíciles durante el transcurso de la carrera.

Br. Lucío Javier Díaz Zeledón

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos terminar con éxito nuestro trabajo de graduación, por la sabiduría y entendimiento que nos ha brindado, por fortalecer nuestros conocimientos y ponerlos en práctica durante estos años de nuestra carrera universitaria.

A nuestros asesores, MSc. Roberto Carlos Larios González y el Ing. Miguel Jerónimo Ríos, por guiarnos y acompañarnos en la realización de nuestra forma de culminación de estudios y en todos estos cinco años que compartieron sus conocimientos enseñándonos con paciencia y sabiduría en todo momento.

A la Universidad Nacional Agraria por permitirme formarme profesionalmente.

A mis compañeros universitarios con los que compartimos muchos momentos de alegría y aprendizaje durante los cinco años de estudio.

A la empresa Proteínas Naturales (PROTENA) por ser parte de este proyecto de investigación.

Br. César René Baltodano Mejía

AGRADECIMIENTO

A Dios padre por brindarme la sabiduría y entendimiento necesarios para culminar mi preparación profesional, por darme la fuerza y voluntad y no permitirme desistir en ningún momento.

A mi madre Sayda Zeledón Siles por ser el pilar principal y apoyarme desde el principio en mi formación profesional. A mis hermanos y hermanas que me han apoyado siempre anteponiendo mis necesidades antes que las suyas, por ser mi esperanza y coraje cuando el miedo me superaba y han sido mi luz en momentos de oscuridad.

A los maestros por brindarme los conocimientos necesarios durante el transcurso de mi preparación, en especial a mis asesores MSc. Roberto Carlos Larios González y el Ing. Miguel Jerónimo Ríos, por el tiempo y apoyo para hacer posible esta investigación.

A mi alma mater (Universidad Nacional Agraria) por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mis amistades Jairo José Casco Betanco, Armando Román Solís, Yelkin González López y Hamilton Javier Martínez Aguilar, porque contribuyeron a culminar este trabajo y me alentaron a seguir adelante. Especial agradecimiento a mi compañero de tesis Cesar René Baltodano Mejía con quien logramos fortalecer nuestras habilidades y conocimiento durante el desarrollo de este trabajo de culminación de estudio.

A la empresa Proteínas Naturales (PROTENA) por su interés en el proyecto de investigación, facilitarnos las instalaciones para la fase de campo y por confiar en nosotros.

Br. Lucío Javier Díaz Zeledón

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 objetivos general	3
2.2 objetivo específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIAS	4
3.1 Bioestimulantes en el cultivo de ajonjolí	4
3.2 Fertilización sintética en ajonjolí	5
3.3 Variables de crecimiento y rendimiento	6
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1 Ubicación y descripción del sitio del experimento	9
4.2 Diseño experimental	9
4.3 Descripción de los tratamientos	9
4.3.1 Bioestimulante (VitalAgro)	9
4.3.2 Fertilización orgánica (Biogreen)	11
4.3.3 Fertilizante sintético	11
4.4 Dosis y momento de aplicación	11
4.4.1 Bioestimulante	11
4.4.2 Fertilizante orgánico	12
4.4.3 Fertilizante sintético	12
4.5 Descripción del material vegetativo	13
4.6 Variables evaluadas	13
4.6.1 Variables de crecimiento	13
4.6.2 Variables del componente del rendimiento	14
4.7 Análisis de datos	15

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
5.1 Altura de la planta (cm)	16
5.2 Diámetro del tallo (mm)	17
5.3 Número de hojas	19
5.4 Número de cápsulas por planta	21
5.5 Longitud de cápsulas (cm)	22
5.6 Número de semillas por cápsulas	24
5.7 Rendimiento (kg ha ⁻¹)	26
VI. CONCLUSIÓN	29
VII. RECOMENDACIONES	30
VIII. LITERATURA CITADA	31
IX. ANEXOS	34

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Características fisicoquímicas del bioestimulante	10
2. Nutrientes y minerales en el bioestimulante	10
3. Contenido de aminoácidos en el bioestimulante	10
4. Descripción de los tratamientos	12
5. Análisis químico del suelo del área de estudio	13

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Altura de planta (cm) a los 56 dds por influencia de los tratamientos	16
2.	Diámetro del tallo (mm) a los 61 dds por influencia de los tratamientos	18
3.	Número de hojas por planta a los 56 dds por influencia de los tratamientos	19
4.	Número de cápsulas por planta a los 84 dds por influencia de los tratamientos	21
5.	Longitud de cápsulas (cm) por influencia de los tratamientos	23
6.	Número de semillas por cápsula por influencia de los tratamientos	24
7.	Rendimiento (kg ha ⁻¹) por influencia de los tratamientos	27

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINA
1. Preparación de suelo en el área experimental	35
2. Raleo del cultivo	35
3. Preparación de la disolución del bioestimulante	36
4. Aplicación del bioestimulante	36
5. Medición de la altura de planta	37
6. Registro del número de hojas	37
7. Registro del número de cápsulas por planta	38
8. Medición de la longitud de cápsulas y semillas por cápsulas	38

RESUMEN

Nicaragua dispone de tierras con condiciones agroecológicas idóneas para la producción de ajonjolí de alta calidad; el manejo del cultivo de manera amigable con el ambiente se constituye en una alternativa a la agricultura convencional. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de tres dosis de bioestimulante, un abono orgánico y un fertilizante sintético en el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí variedad ICTA R - 198. El experimento se realizó en el periodo comprendido de marzo a junio del 2022, se estableció en las instalaciones de la empresa Proteínas Naturales ubicada en el km 26.5 de la Carretera Panamericana Norte, Tipitapa, Managua, Nicaragua a 12°12'2" de latitud Norte y 86°5'38" de longitud Oeste; se encuentra a 44 metros sobre el nivel del mar con temperaturas entre 22 °C y 35 °C. Se utilizó un arreglo unifactorial en diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Cada unidad experimental fue de 2.5 m por 5 m (12.5 m²), con distancia de siembra de 0.7 metro entre surco y 0.15 metro entre planta. Los tratamientos evaluados fueron: un bioestimulante con dosis de 75, 300 y 600 kg ha⁻¹ (tres tratamientos) distribuidos en tres aplicaciones a partir de los 20 días después de la siembra; un abono orgánico aplicado al momento de la siembra y por último una fertilización química aplicando 50 % de nitrógeno y todo el fósforo y el potasio al momento de la siembra; el resto del nitrógeno se aplicó a los 35 días después de la siembra. La dosis del abono orgánico y del fertilizante químico se basó en los contenidos del suelo y la demanda del cultivo. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), diámetro del tallo (mm), número de hojas, cápsula por planta, número de semilla por cápsula y rendimiento (kg ha⁻¹). Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación por diferencias mínimas significativas de Fisher con un $\alpha=0.05$ de margen de error, usando InfoStat profesional. No se registran diferencias estadísticas para ninguna de las variables, por lo que se podría utilizar como alternativa la aplicación de 75 kg ha⁻¹ del bioestimulante por ser la tecnología de menor costo.

Palabras clave: Vitalagro, sangre bovina, nutrición vegetal, propiedades bio-funcionales.

ABSTRACT

Nicaragua has land with ideal agroecological conditions to produce high-quality sesame; The management of this item in a friendly way with the environment constitutes an alternative to conventional agriculture. The objective of this research was to evaluate the effect of three doses of biostimulant, an organic fertilizer and a synthetic fertilizer on the growth and yield of the sesame crop, variety ICTA R-198. The experiment was established at the facilities of the company Proteínas Naturales located at km 26.5 of the North Pan-American Highway, Tipitapa, Managua, Nicaragua, (12°12'2" North latitude and 86°5'38" West longitude) at 44 meters above sea level and temperature between 22 °C and 35 °C. A unifactorial arrangement was obtained in a randomized complete block design with five treatments and three repetitions. Each experimental unit was 2.5 m by 5 m (12.5 m²), with a planting distance of 0.7 meter between rows and 0.15 meter between plants. The evaluated treatments were: biostimulant with doses of 75 300 and 600 kg ha⁻¹ (three treatments), distributed in three applications starting 20 days after sowing with 15-day intervals; an organic fertilizer application at the time of sowing and chemical fertilization applying 50 % nitrogen and all the phosphorus and potassium at the time of sowing, the rest of the nitrogen was applied at 35 das. The dose of organic manure and chemical fertilizer was based on the contents in the soil and the demand of the crop. The variables evaluated were plant height (cm), stem diameter (mm), capsule per plant, number of seeds per capsule and yield (kg ha⁻¹). An analysis of variance and a comparison test for Fisher's minimal significant differences with an $\alpha=0.05$ margin of error was performed, using professional InfoStat. No statistical differences were recorded for any of the variables, so that the application of 75 kg ha⁻¹ of the biostimulant could be used as an alternative because it is the least costly technology.

Keywords: Vitalagro, bovine blood, plant nutrition, biofunctional properties.

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua el ajonjolí comenzó a cultivarse para el consumo humano formalmente desde 1937 en pequeñas parcelas para el autoconsumo; en 1949 el cultivo captó mayor importancia producto del crecimiento de la demanda en el mercado mundial, lo que lógicamente produce un incremento en las áreas sembradas; este hecho impulsó su comercialización a lo interno y externo de la nación (Central de Cooperativas Multisectoriales de Importación y Exportación Nicaragüense "Del Campo", 2008).

Nicaragua dispone de tierras con condiciones agroecológicas idóneas para la producción de ajonjolí de alta calidad. Este es cultivado más en la planicie volcánica del pacífico de Nicaragua (80 % de la producción nacional de ajonjolí) y es caracterizado por tener mayor concentración de aceite y proteína que el producido en los demás países de América (Reyes y Rojas, 2010).

En Nicaragua los departamentos de León y Chinandega son los principales productores de ajonjolí, y utilizan principalmente las variedades ICTA-R, Nicarao y línea 2000. Este producto es requerido a nivel internacional por sus propiedades curativas, involucrando a una gran mayoría de campesinos que con pocos recursos económicos se dedican a la labor de sembrar y cosechar esta semilla (Hernández y Zuniga, 2016).

El cultivo ha estado en manos de pequeños y medianos productores, el manejo ha sido con pocos insumos químicos, mano de obra familiar y labores de suelo con animales de tiro o maquinaria. El ajonjolí, es un cultivo en el que generalmente se aplican al momento de la siembra 130 kg ha⁻¹ de la fórmula 18-46-00 o igual cantidad de 15-20-00, lo que equivale a dos quintales por manzana (1 mz = 7 026 m²) y 194 kg ha⁻¹ (3 qq mz⁻¹) de Urea (46 % de nitrógeno) en dos momentos, 50 % entre los 15 y 20 días después de la siembra o bien después del raleo y antes del aporque; el restante 50 % se aplica entre los 30 y 35 días después de la siembra antes del inicio de floración (Chemonics Internacional, 2009).

Una de las alternativas orgánicas para estimular los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas es el empleo de bioestimulantes, que se definen como sustancias o microorganismos que, aplicados a las plantas, incrementan la absorción y asimilación de nutrientes, la tolerancia al estrés y mejoran sus características agronómicas, independientemente del contenido de nutrientes que aporten (Héctor-Ardisana *et al.*, 2020).

La agricultura amigable con el ambiente es una alternativa rentable en el contexto nicaragüense, donde los procesos biológicos naturales son más rápidos gracias al clima tropical y donde existe abundante mano de obra, contribuyendo a la generación de empleos en la actividad agrícola nicaragüense (Téllez y Ramírez, 1999).

El cultivo de ajonjolí se ha producido en Nicaragua con el uso de fertilizantes sintéticos y manejo convencional, por lo que alternativas orgánicas se constituyen en una estrategia para dar mayor valor comercial al cultivo en mercados internacionales, y como parte del manejo integrado de los sistemas de producción que permitan la sostenibilidad.

Téllez y Ramírez (1999), afirman que los abonos orgánicos son más eficientes que los fertilizantes químicos, porque aportan mayor diversidad de elementos nutritivos a las plantas, mejora la estructura del suelo y crean condiciones favorables para la microflora benéfica. Por el contrario, los fertilizantes químicos cada vez se requieren en mayores cantidades.

Los estudios sobre alternativas orgánicas de fertilización son una tendencia mundial, por su incidencia favorable en el consumo saludable de alimentos y la preservación del ambiente (Héctor-Ardisana *et al.*, 2020). En este contexto se produce esta investigación, cuyo objetivo es evaluar las respuestas de las variables del crecimiento y el rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) al aplicarles diferentes dosis de bioestimulantes y compararlos con la fertilización orgánica y fertilización sintética.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el efecto de tres dosis de bioestimulante, un abono orgánico y un fertilizante sintético en el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí variedad ICTA R - 198.

2.2 Específico

Determinar la respuesta en altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas por efecto del bioestimulante y la fertilización orgánica y sintética.

Comparar el efecto de las dosis de bioestimulante y los fertilizantes orgánico y sintético en el número de cápsulas por planta, longitud de cápsula, número de semilla por cápsula, y rendimiento en kg ha^{-1} .

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Bioestimulantes en el cultivo de ajonjolí

Los reportes sobre el efecto de los nutrientes y los bioestimulantes en el crecimiento del ajonjolí son contradictorios. Montoya *et al.* (2019) compararon la aplicación de nitrógeno (30 kg ha^{-1}) con el empleo de los microorganismos benéficos *Azotobacter* sp. y *Azospirillum* sp., y obtuvieron mayores resultados con el fertilizante químico en altura de planta y cantidad de ramas por planta.

Téllez y Ramírez (1999) determinaron que fertilizantes orgánicos como la cachaza de caña de azúcar, una vez incorporado al suelo se encuentra disponible durante todo el ciclo, y los nutrientes que contiene son absorbido paulatinamente según las necesidades de la planta de ajonjolí; reportan que a los 60 días después de la siembra (dds) los tratamientos a base de humus de cachaza de caña de azúcar tiende a presentar mayor altura que las aplicaciones del fertilizante completo 18-46-0 y urea al 46 %.

Analizando los tratamientos de cachaza de caña de azúcar, fertilizante sintético en aplicaciones fraccionadas y uno sin fertilizar, Téllez y Ramírez (1999), registraron diferencias significativas en el número de cápsulas por planta y peso de 1 000 granos, siendo número de cápsulas por planta, el principal componente del rendimiento. También observaron que existe una relación directamente proporcional entre las diferentes dosis de fertilización orgánica.

Al comparar el efecto de los bioestimulantes sobre el número de hojas fisiológicamente activas, la altura de planta y el diámetro de los frutos, Cabrera-Medina *et al.* (2011) registraron diferencias estadísticas sobre estas variables.

Según Cabrera-Medina *et al.* (2011), el uso de los bioestimulantes mejoran la calidad y apariencia de los frutos, peso, diámetro y longitud de estos, resultados que les permitió concluir que estos parámetros demostraron una mejor eficiencia en el uso de la tierra y el aprovechamiento de los elementos nutritivos aplicados.

La aplicación de los bioestimulantes de manera independiente, así como de forma combinada, incrementan las variables morfológicas de cultivos de importancia económica, sin embargo, Calero-Hurtado *et al.* (2019) indican que los mayores resultados se logran con la aplicación combinada de los bioestimulantes porque incrementaron los indicadores observados comparados con la utilización individual.

Este mismo autor también afirma que la utilización de tres bioestimulantes en sistema orgánico fue beneficiosa, ya que registran un incremento de la producción promedio del número de hojas por planta, la altura de planta, diámetro de raíz tuberosa, producción de biomasa fresca y seca, que conllevaron a un aumento del rendimiento.

Escobar-Oña *et al.* (2017), determinaron que el bioestimulante que tuvo mejor respuesta a la fertilización foliar complementaria en el cultivo de frijol, fue el Biol enriquecido con micronutrientes para las siguientes variables: altura de planta con 9.95 cm, número de vainas por planta (40.10), peso de 100 granos (21.86) y rendimiento con 10.89 t ha⁻¹.

Resultados de investigación de López y Pouza (2014), aplicando bioestimulantes cuando la planta presenta hojas primarias y al inicio de la floración, indican mejores resultados en la mayoría de los indicadores de crecimiento y rendimiento.

3.2 Fertilización sintética en ajonjolí

Layne-Garsaball y Méndez-Natera (2006) utilizando extractos acuosos de coyolillo (*Cyperus rotundus* L.) como bioestimulante en diferentes concentraciones (0 %, 0.5 %, 1 %, 1.5 % y 2 %) registraron diferencias significativas, obteniendo mayor altura de planta con las aplicaciones al 0.5 % y 1.5 %).

Los resultados en el diámetro del tallo registrados por Ochoa y Meza (2000) no mostraron diferencias significativas en relación a los dosis de nitrógeno ni en la interacción niveles y fraccionamientos del nitrógeno a los 45, 60, y 75 días después de la siembra. Para el factor B

(fracciones de nitrógeno) solamente a los 45 días después de la siembra registran diferencias significativas entre los momentos de aplicación de nitrógeno.

González (2012), determinó que el 20 % del total de fertilizante aplicado en forma de urea fue absorbida y utilizado por la planta y que el 9 % fue a los granos y el 11 % permaneció en las hojas, ramas y cápsulas, la mayor porción permaneció en el suelo (42 %) y el 38 % no se pudo contabilizar y posiblemente se perdió por volatilización y lixiviación. Esta pérdida representa un alto porcentaje de nitrógeno no aprovechado por la planta.

Estudios realizado por Ávila y Graterol (2005), no observaron diferencias en altura de planta al comparar aplicaciones de fertilizantes sintéticos y abonos verdes [testigo (T1), 250 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico, (T2) frijoles chino y bayos (T3)], sin embargo, el número de cápsulas por planta aumentó.

Pineda (2009), plantea que la aplicación de fertilizantes foliar, en distintas dosis, no afecta significativamente el rendimiento del grano, altura de planta, número de cápsulas por planta y el peso de 1 000 semillas en ajonjolí en la variedad ICTA R-198, en cambio Ochoa y Meza (2000), determinaron diferencias significativas en la interacción niveles de nitrógeno y fraccionamiento de nitrógeno.

Blanco y Mairena (1993), evaluando dosis de nitrógeno y momentos de aplicación en el cultivo de ajonjolí, no registraron diferencias en el rendimiento y sus componentes.

3.3 Variables de crecimiento y rendimiento

Héctor-Ardisana *et al.* (2020), afirman que utilizando tratamientos de bioactivado, biol artesanal, NPK y suelo sin tratar, no se presentan diferencias en la altura de las plantas, número de semillas por planta ni en la cantidad de cápsulas por planta; en cambio, el rendimiento fue superior con la fertilización completa (NPK, 50-25-50; 125 g planta⁻¹ a los 20 y 45 dds).

Por esta razón Héctor-Ardisana *et al.* (2020), sugieren que al no haber encontrado efectos del estimulantes, existe la necesidad de ampliar el espectro de bioestimulantes y sus dosis, para determinar una alternativa sostenible de producción; además destacan, que con el biol artesanal se alcanzó 78.67 % más del rendimiento obtenido con el fertilizante completo NPK. Esto avala la posibilidad de su empleo como alternativa amigable con el ambiente, y estimula la realización de investigaciones con otras dosis de este producto o nuevos bioestimulantes.

En un experimento realizado por Vargas y Blanco (2002), reportan diferencias significativas en la variable altura de la planta, a los 48, 58, 78 días después de la siembra, observándose que la mayor altura de la planta (117 cm) se registra con la dosis de 88.86 kg N ha⁻¹, seguido de la dosis de 59.24 kg N ha⁻¹ (114.2 cm) y de 29.62 kg N ha⁻¹ (108.9 cm).

En las mismas dosis aplicadas Vargas y Blanco (2002), afirman que no existen diferencias estadísticas, indicando que las diferentes dosis de nitrógeno no influyeron en el número de granos por cápsula. Al analizar los resultados del peso de 1 000 granos, no reportan diferencias significativas.

La altura de la planta es una variable que nos permite medir el crecimiento del cultivo. Amador (2004), señala que ésta puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores: luz, calor, humedad y nutrientes.

Este mismo autor señala que el diámetro del tallo es una característica importante para la obtención de altos rendimientos y la capacidad de las plantas de permanecer erectas en el campo sin pérdida de grano, esta variable puede verse afectada por la influencia de factores ambientales, edáficos y de manejo.

El análisis de correlaciones por parte de Téllez y Ramírez (1999), explica que a mayor diámetro del tallo, se produce mayor número de cápsulas por planta, concluyendo que probablemente se debe a la función que realiza dicho órgano en la planta, como es el almacenamiento de sustancias de reservas que proporcionan mayor cantidad de nutrientes a la planta, obteniéndose de esa manera un mayor número de cápsulas por planta.

Montoya *et al.* (2019), evaluando el crecimiento del ajonjolí aplicando fertilizantes químicos y Bioles, obtuvieron valores iguales, sin embargo, para el rendimiento se encontraron diferencias significativas, siendo el tratamiento sintético el que alcanzó valores superiores.

Flores y García (1998), reportan que las dosis fraccionadas de urea al 46 % permiten obtener mayor número de hojas a los 40 y 55 días después de la siembra.

Resultados de Flores y García (1998), evaluando dosis de fertilizante (factor A), obtienen mayor número de cápsulas por planta (111) cuando se aplicó 195 kg de nitrógeno por hectárea, en el caso del factor B (fraccionamiento de nitrógeno), no registran diferencias.

Al evaluar la variable de número de semillas por cápsulas, Flores y García (1998), registran que los factores en estudio y sus interacciones no presentan diferencias significativas, lo que nos induce a inferir que las dosis y fraccionamiento de nitrógeno y la combinación de estos no modifican este carácter. Igual comportamiento ocurrió en el caso del peso de mil semillas (2.3 y 2.4 gramos en mil semillas).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación y descripción del sitio del experimento

Esta investigación se realizó en las instalaciones de la empresa Proteínas Naturales (PROTENA) ubicada en el km 26.5 de la Carretera Panamericana Norte, en el municipio de Tipitapa, Managua, Nicaragua, se encuentra localizada en las coordenadas geográficas 12°12'2" de latitud Norte y 86°5'38" de longitud Oeste a una altura de 44 msnm. La temperatura promedio oscila anualmente entre 22 °C y 35 °C.

4.2 Diseño experimental

El proyecto se desarrolló en el período de marzo a junio del 2022. Se estableció en un arreglo unifactorial en diseño de bloques completo al azar, con tres repeticiones y cinco tratamientos.

Las dimensiones de cada unidad experimental fueron de 5 m de largo por 2.5 m de ancho para un total de 12.5 m². La separación entre bloque fue de 2 m y entre unidad experimental de 1 metro para un total del área experimental de 313.5 m². La distancia de siembra fue de 0.7 m entre surco y de 0.15 m entre planta.

4.3 Descripción de los tratamientos

4.3.1 Bioestimulante (VitalAgro)

Es un producto de la empresa PROTENA obtenido a partir de la centrifugación de la sangre bovina, recolectada y procesada bajo estrictas condiciones de higiene, la hemoglobina es sometida a un proceso de deshidratación por spray-Dryer que garantiza la conservación de las propiedades bio-funcionales de las proteínas y sus aminoácidos, liberando rápidamente los nutrientes que contiene, haciéndolos disponibles a los cultivos. Este producto será aplicado en tres momentos considerando las dosificaciones de 75 kg ha⁻¹, 300 kg ha⁻¹, y 600 kg ha⁻¹ según el ciclo del cultivo. Estas dosis han sido determinadas por la empresa PROTENA.

Cuadro 1. Características fisicoquímicas del bioestimulante

Parámetro	Especificaciones
Humedad	Máximo 9 %
Proteína Nx6.25	Mínimo 90 %
Ceniza	Máximo 4 %
Grasa	0.02 %
Solubilidad	Mínimo 90 %
pH	7

Fuente: PROTENA (2020).

Cuadro 2. Nutrientes y minerales en el bioestimulante

Parámetros	Especificación (%)
Nitrógeno total (N)	14.5-15
Fósforo total (%p/p P ₂ O ₅)	0.10
Potasio (%p/p K ₂ O)	0.30
Magnesio (%p/p mg)	0.30
Calcio (%p/p Ca)	0.01
Cobre (%p/p Cu)	0.002
Manganeso (%p/pmn)	0.004

Fuente: PROTENA (2020).

Cuadro 3. Contenido de aminoácidos en el bioestimulante

Parámetro sensorial	Especificaciones
lisina total	6.25 %
Arginina	4.63 %
Cistinina	1.94 %
Metionina	0.73 %
Treonina	2.84 %
Leucina	6.84 %
Valina	4.97 %
Histidina	2.14 %
Fenilalanina	3.88 %
Isoleucina	2.27 %
Tirosina	3.83 %
Triptófano	1.30 %
Glicina	2.52 %
Serina	5.06 %
Prolina	3.83 %
Alanina	3.27 %
Ácido aspártico	7.43 %
Ácido Glutáminico	10.30 %

Fuente: PROTENA (2020).

4.3.2 Fertilizante orgánico (Biogreen)

Es un abono orgánico certificado a base de estiércol de gallina de corral y enriquecido con ingredientes naturales, producido a gran escala y con excelentes estándares de calidad. Mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Puede ser usado en cualquier tipo de cultivo, contribuyendo así al desarrollo de la agricultura sostenible y al permanente cuidado del ambiente.

4.3.3 Fertilizante sintético

Los fertilizantes sintéticos son aquellos creados industrialmente a través de compuestos químicos. La función principal de estos fertilizantes es aportar nutrientes para las plantas a través del suelo con el objetivo de obtener una mayor y mejor producción o crecimiento de las plantas. En este experimento se aplicó el fertilizante completo 12-30-10, urea (46 % N) y cloruro de potasio.

4.4 Dosis, momentos de aplicación y costos de la tecnología

4.4.1 Bioestimulante

El bioestimulante se aplicó en tres dosis, 75 kg^{-1} , 300 kg ha^{-1} , y 600 kg ha^{-1} (Cuadro 4); cada dosis se fraccionó en tres proporciones (25 kg, 100 kg, y 200 kg) que se aplicaron en tres momentos 20 días después de la siembra (dds), 35 días después de la siembra y 62 días después de la siembra.

La aplicación de 75 kg ha^{-1} del bioestimulante tiene un costo de USD 225.00, la dosis de 300 kg ha^{-1} un costo de USD 900.00 y la dosis de 600 kg ha^{-1} es igual a USD 1 800.00.

4.4.2 Fertilizante orgánico

El fertilizante orgánico utilizado fue Biogreen®; adquirido en el mercado nacional. La aplicación se realizó al momento de la siembra considerando para el cálculo de la dosis, la demanda de nitrógeno del cultivo, la cantidad de nitrógeno en el suelo y la cantidad de nitrógeno del abono orgánico, siendo la dosis final de 12 000 kg ha⁻¹ con un costo de USD 2 157.00.

4.4.3 Fertilizante sintético

La dosis de nitrógeno, fósforo y potasio aportados por el fertilizante sintético (12-30-10) se calculó sobre la base de los contenidos en el suelo y la demanda del cultivo; en el caso del nitrógeno, el 50 % se aplicó al momento de la siembra y el restante a los 35 dds. Todo el fósforo y potasio fue aplicado al momento de la siembra (Cuadro 4), considerando el aporte del 12-30-10 más cloruro de potasio; en el caso del nitrógeno se complementó con urea (46 %).

El costo de esta tecnología considerando la fórmula completa 12-30-10 más el cloruro de potasio y la urea es igual a USD 898.26.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción (kg ha ⁻¹)	Fraccionamiento (kg ha ⁻¹)	dds
Bioestimulante (dosis 1)	75	25	20
		25	35
		25	62
Bioestimulante (dosis 2)	300	100	20
		100	35
		100	62
Bioestimulante (dosis 3)	600	200	20
		200	35
		200	62
Fertilizante orgánico	12 000	Todo al momento de la siembra	Al momento de la siembra
Fertilizante sintético	218 N + 114 P ₂ O ₅ + 252 K ₂ O	50 % del nitrógeno al momento de la siembra, el resto a los 35 dds Fósforo y potasio al momento de la siembra	Al momento de la siembra

dds: Días después de la siembra.

La aplicación del fertilizante sintético se determinó sobre la base del contenido de nitrógeno y fósforo del suelo y la demanda del cultivo, en el caso de la dosis de potasio, se determinó en función de la relación entre los elementos bases (K, Ca y Mg).

Cuadro 5. Análisis químico del suelo del área de estudio

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
	(%)	(ppm)	Meq / 100 g suelo			ppm			
6.0	1.84	8.38	0.93	12.17	4.63	58.45	10.38	49.70	2.50
LA	B	B	A	A	A	A	M	M	B

LA: Ligeramente ácido, M: Medio, B: Bajo, A: Alto. Fuente: Universidad Nacional Agraria (2022).

4.5 Descripción del material vegetativo

La variedad utilizada fue ICTA R-198, material desarrollado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas de Guatemala, con un rango de adaptación entre 0 y 1 000 metros sobre el nivel del mar. Es una variedad derivada de un material criollo, ramificado con tallos cuadrangulares, entrenudos cortos y densamente pilosos. El fruto es una cápsula erecta de 4.5 cm de largo, tetragonal, dispuesto en el tallo en forma opuesta y alterna, es dehiscente. Su ciclo de siembra a cosecha es de 95 días a 100 días y su rendimiento promedio, a nivel del agricultor, varía entre 1 200 kg ha⁻¹ y 1 800 kg ha⁻¹, equivalente a 12 y 18 quintales por manzana (mz) [1 mz = 7026 m²], según las condiciones del cultivo (Pineda, 2009).

4.6 Variables evaluadas

Todas las variables de crecimiento y rendimiento fueron registradas en 10 plantas al azar dentro de la parcela útil.

4.6.1 Variables de crecimiento

Altura de planta (cm)

Se registró desde la superficie del suelo hasta el ápice terminal, usando una cinta métrica; este valor fue registrado en centímetros a los 56 dds.

Diámetro del tallo (mm)

Se midió el diámetro del tallo con un vernier, a una altura del suelo de 10 centímetros. Este valor se expresa en milímetros y fue registrado a 61 dds.

Número de hojas

Se contabilizó desde la primera hoja bajera hasta la última hoja en el ápice de la planta a los 56 dds.

4.6.2 Variables de los componentes del rendimiento

Número de cápsulas por planta

Se contabilizaron las cápsulas totales por planta en 10 plantas de la parcela útil, a los 84 dds.

Longitud de cápsula (cm)

Se midió con una cinta métrica en 10 cápsula fisiológicamente maduras de cada una de las 10 plantas seleccionadas en cada parcela útil. Se midió en milímetros desde el pedúnculo hasta la parte apical; el momento de muestreo fue a los 84 dds.

Número de semilla por cápsula

Se determinó la cantidad de semillas contenidas en cinco cápsulas por plantas, provenientes de cinco plantas de la parcela útil. Cada cápsula se colocó en bolsas individuales para lograr un secado óptimo y posteriormente se contabilizó y se determinó el valor promedio. Esta variable fue registrada a los 92 dds.

Rendimiento (kg ha⁻¹)

Se cosechó cada parcela útil, las plantas de los dos surcos centrales; cada surco con longitud igual a 1.5 metros. Se registró el peso de la semilla y se expresó en kg ha⁻¹ ajustando la humedad a 13 %, según la ecuación propuesta por Aguirre y Peske (1998):

$$Pf = Pi (100-Hi) / (100- Hf)$$

Donde:

Pf: Peso final (kg)

Pi: Peso inicial (kg)

Hi: Contenido de humedad inicial (%)

Hf: Contenido de humedad final (13 %)

4.7 Análisis de datos

Los datos se analizaron de forma univariada mediante un análisis de varianza y prueba de comparación por diferencias significativas de Fisher con un $\alpha=0.05$ de margen de error. Se utilizó el programa estadístico InfoStat profesional.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Altura de planta (cm)

La altura de planta es una variable que nos permite medir el crecimiento del cultivo. Téllez y Ramírez (1999), plantean que la altura de planta puede presentar variaciones por factores como radiación solar, condiciones de humedad y temperatura.

Amador (2004) asegura que la altura de planta puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores: luz, calor, humedad y nutrientes, esto concuerda con lo señalado por Téllez y Ramírez (1999), quienes determinaron que la altura final de la planta depende principalmente del tipo de suelo, la humedad disponible, los períodos de luz y el tipo y nivel de fertilización.

Los resultados en esta investigación nos indican que no hay diferencias estadísticas ($p = 0.1911$) en función de los tratamientos a los 56 días después de la siembra. La altura es la misma indistintamente si se aplica fertilización sintética, fertilización orgánica o se usa el Bioestimulante (Figura 1).

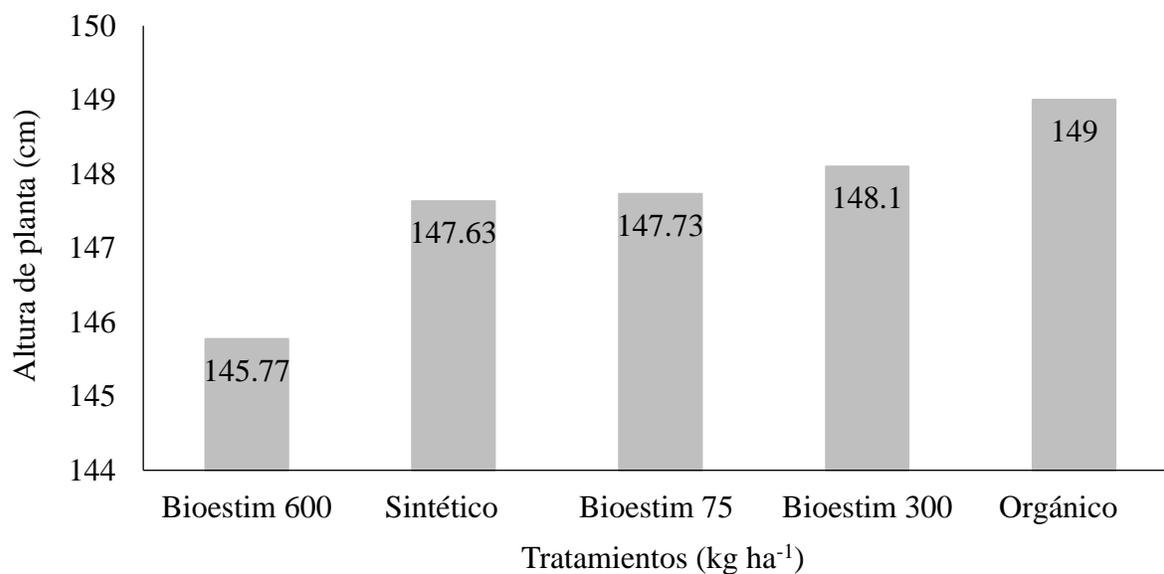


Figura 1. Altura de planta (cm) a los 56 dds por influencia de los tratamientos.

Esto es debido a que en este período (56 dds), las plantas absorben nutrientes no solamente para ser utilizados en el crecimiento vegetativo, si no que empiezan a ser destinados para otras funciones como el inicio de la etapa reproductiva, la formación de flores, formación de cápsulas y llenado de granos (Téllez y Ramírez, 1999).

Las alturas registradas son similares a las reportadas por Amador (2004), quien obtuvo alturas de planta entre 139.45 cm y 146.82 cm a los 75 días después de la siembra.

Héctor-Ardisana *et al.* (2020), indican que únicamente las altas dosis de nitrógeno son capaces de aumentar significativamente la altura de planta en el cultivo de ajonjolí, sin embargo, Téllez y Ramírez (1999), evaluando un abono orgánico en comparación con la aplicación de fertilizante sintético (18-46-00 y urea 46 %), registraron mayor altura de planta a los 60 días después de la siembra, al utilizar humus de cachaza de caña de azúcar como abono orgánico.

Téllez y Ramírez (1999), indican que los fertilizantes orgánicos como la cachaza de caña de azúcar, una vez incorporado al suelo se encuentra disponible durante todo el ciclo, y los nutrientes que contiene son absorbidos paulatinamente según las necesidades de la planta de ajonjolí. En cambio, los fertilizantes sintéticos son de absorción más rápida, que los fertilizantes orgánicos pero gran porcentaje de éstos se pierden por factores como volatilización, lixiviación, etc, lo que provoca que no esté disponible para la planta durante todo el ciclo sino solo una parte de éste.

5.2 Diámetro del tallo (mm)

Los factores ambientales y la variedad del cultivo influyen en el diámetro del tallo, y puede afectar los rendimientos, ya que este permite a la planta permanecer erectas, y facilita el transporte de los nutrientes para la formación de hojas y cápsulas (Amador, 2004).

En la Figura 2 se observa que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p = 0.092$), coincidiendo con los resultados de Flores y García (1998), quienes no registraron diferencias estadísticas en el diámetro al evaluar distintas dosis de urea al 46 % y

fraccionamiento a los 20 dds y a los 35 dds. El diámetro se comporta igual indistintamente del uso de una fuente química, orgánica o con el uso de bioestimulante.

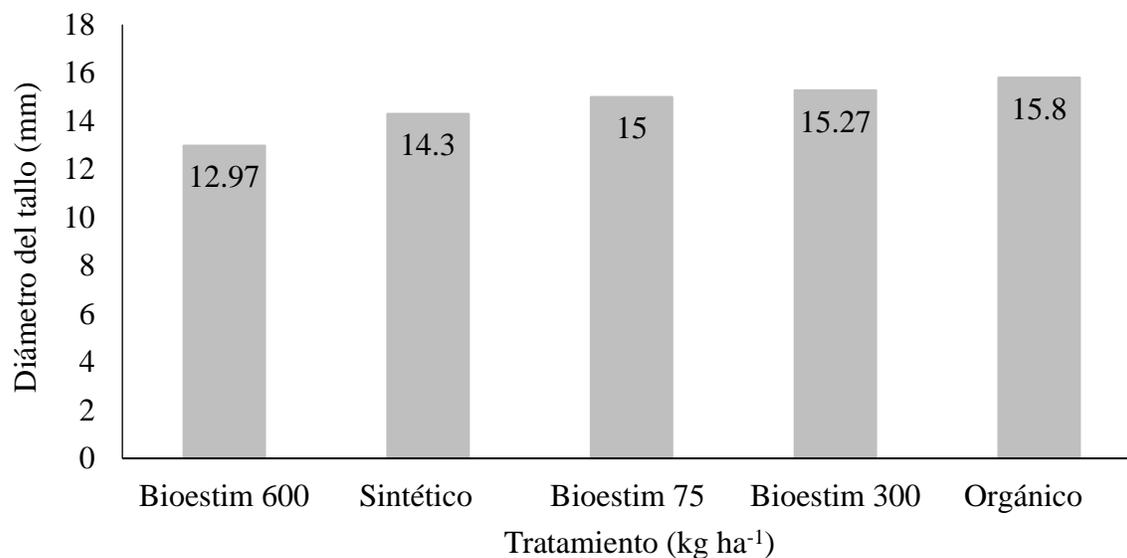


Figura 2. Diámetro del tallo (mm) a los 61 dds por influencia de los tratamientos.

Amador (2004) señala que el nitrógeno es el elemento que participa en la síntesis de proteínas y la división celular (crecimiento), y que una disminución de nitrógeno puede afectar negativamente el crecimiento del diámetro del tallo.

Debido a las aportaciones de nitrógeno proveniente del abono orgánico y del fertilizante sintético, las que se realizaron sobre la base de la demanda del cultivo y de los contenidos en el suelo, así como por las altas concentraciones de nitrógeno en el bioestimulante, permitió igual respuesta en el crecimiento del diámetro del tallo.

Amador (2004), afirman que un buen abastecimiento de nitrógeno proveniente de abonos orgánicos permite una mejor expresión del diámetro del tallo.

A mayor diámetro del tallo, se produce un mayor número de cápsulas por planta, debido al almacenamientos de sustancias de reservas que proporcionan mayor cantidad de nutrientes (Téllez y Ramírez, 1999).

Centeno y Poveda (2010), reportan que las aplicaciones adecuadas de nitrógeno estimulan la producción de hormonas como las auxinas y giberelinas, actuando simultáneamente en el control y desarrollo y estimulando la división celular. También la hormona citocina en cantidades menores hace que los conjuntos celulares se transformen en meristemas apicales que induce en el grosor del tallo; sustancias contenidas en el bioestimulante evaluado en esta investigación.

5.3 Número de hojas

Las hojas son órganos importantes, ya que en ellas se realiza el proceso de fotosíntesis, donde se concentran los nutrientes que influyen en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo (Amador, 2004).

Los resultados demuestran que no hay diferencias estadísticas ($p = 0.1911$), entre las aplicaciones de fertilizantes sintético, orgánico y Bioestimulante (Figura 3).

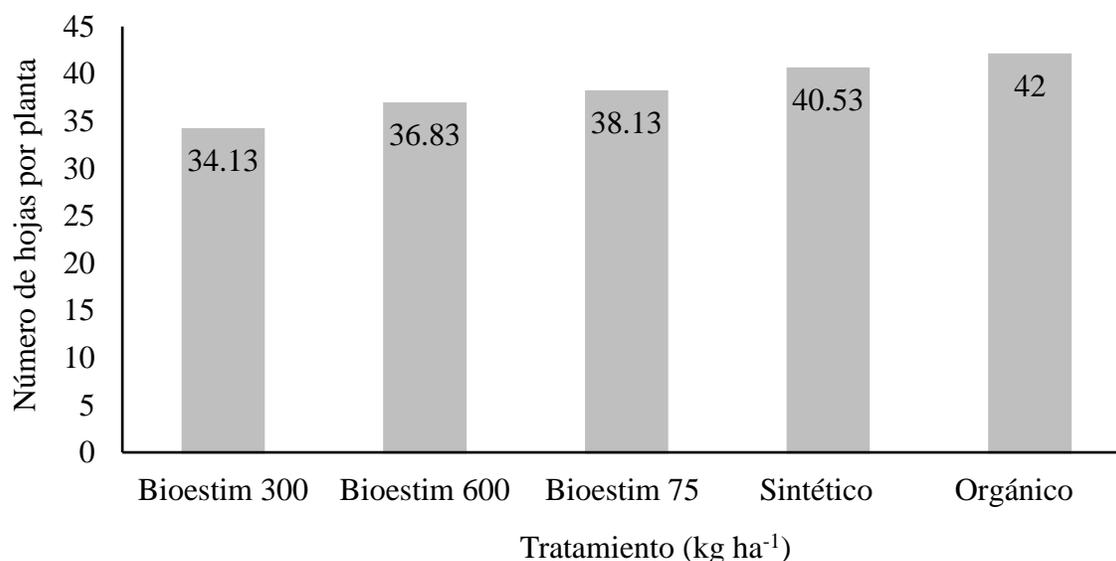


Figura 3. Número de hojas por planta a los 56 dds por influencia de los tratamientos.

El número de hojas registradas son similares a los datos de Flores y García (1998), quienes obtuvieron entre 36 y 41 hojas por plantas a los 40 y 55 dds respectivamente.

Según los resultados de Flores y García (1998), no hay diferencias estadísticas entre las dosis y el fraccionamiento de nitrógeno, pero sí hay diferencias cuando se combinan las dosis de fraccionamiento a los 20 dds y 45 dds, esto se debe a que la mayor producción de hojas se encuentra entre los 55 dds y 65 dds.

Amador (2004), demuestra que los contenidos de nitrógeno en los bioestimulantes presentan una mayor producción de hojas a partir de los 60 dds, dato similar fue encontrado en ésta investigación a los 56 dds.

Centeno y Poveda (2010), evaluaron tres fertilizantes orgánicos (bokashi, compost y humus de lombriz) al realizar el análisis estadístico a un nivel de 95 % de confiabilidad, identificaron diferencias significativas entre los tratamientos, comportamiento distinto a los resultados encontrados en esta investigación al no registrarse diferencias estadísticas.

En el análisis estadístico a los 53 dds y 60 dds realizado por Téllez y Ramírez (1999), no se presentaron diferencias significativas en los tratamientos de cachaza de caña de azúcar y sus diferentes dosis en comparación al fertilizante sintético 18-46-0 y urea al 46 %. Resultados que coinciden con los obtenidos en esta investigación.

Centeno y Poveda (2010), afirman que los elementos necesarios para el desarrollo de las hojas son nitrógeno (N) que favorece la síntesis de proteína, magnesio (Mg) que es un componente de la clorofila y el fósforo (P) que participa en el proceso de la fotosíntesis.

Somarriba (1998) expresa que el número de hojas por planta contribuye al aumento del rendimiento al incrementar el nivel fotosintético de tal manera que el área foliar dependerá también del tallo y los factores ambienteles.

La respuesta a la no significancia encontrada en la mayoría de las investigaciones estudiadas según Téllez y Ramírez (1999), después de los 55 dds, es porque el cultivo ya expresa todo su potencial genético en correspondencia con su ciclo biológico, dando lugar a otros procesos fisiológicos como la formación de flores y cápsulas.

5.4 Número de cápsulas por planta

El número de cápsulas por yema varía de uno a tres en dependencia de la variedad. El número de cápsulas por plantas, esta influenciado por factores ambientales y el nivel de fertilidad del suelo. Esto indica que cualquier alteración de ellos, repercute en la variable (Amador, 2004).

No se obtuvieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, ($p = 0.065$) a los 84 días después de la siembra (Figura 4).

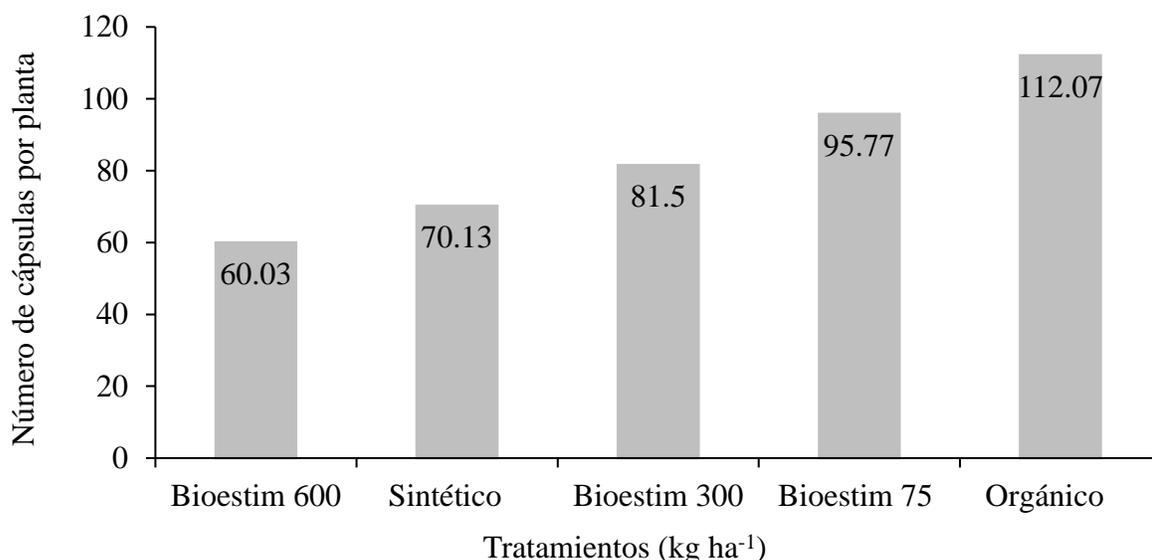


Figura 4. Número de cápsulas por planta a los 84 dds por influencia de los tratamientos.

Olivas y Munguía (2000), expresan que a mayor número de hojas por planta se observó mayor número de cápsulas por planta, lo que se afirmó en el ensayo con los resultados de estas variables antes mencionadas.

Vargas y Blanco (2002) afirman que, al fraccionar el nitrógeno en los tratamientos orgánicos, a partir de los 76 dds se obtuvo un incremento en la producción de cápsulas por plantas. En este estudio se registraron resultados similares y se pudo observar a partir de los 84 dds que la producción de cápsulas por planta fue de 122 para el tratamiento orgánico.

Los resultados obtenidos difieren de los encontrados por Téllez y Ramírez (1999), quienes reportaron diferencias significativas debido que, al aumentar las dosis de abono orgánico, se incrementa la disponibilidad de nutrientes para la planta, que son esenciales en la formación de cápsulas.

Chile *et al.* (2022), evaluaron el efecto de los abonos orgánicos y químicos en el cultivo de ajonjolí, obteniendo los mejores resultados con la aplicación de los fertilizantes químicos debido a la presencia de fósforo y potasio, que ayudan a que la planta asimile los nutrientes necesarios y a mejorar las características organolépticas y calidad del fruto.

Centeno y Poveda (2010), aseguran que en muchos casos el desarrollo del fruto depende de la polinización de la flor y la actividad de otras sustancias de crecimiento y que los elementos esenciales para la formación de estos son fósforo (P) que ayuda a la planta a asimilar los nutrientes necesarios para su desarrollo y potasio (K) que contribuye a mejorar las características organolépticas y calidad de los frutos.

Estudios realizados por Dionicio (2008), afirman que la influencia del nitrógeno que se encuentra en el humus tiene un efecto residual por más tiempo en el suelo, ejerciendo su acción en la producción de cápsulas.

En el cultivo de ajonjolí después de las hojas, las cápsulas son los órganos que más absorben el elemento nitrógeno, que se encuentra en los productos orgánicos (Dionicio, 2008).

5.5 Longitud de cápsula (cm)

Según Montoya *et al.* (2019) en la longitud de cápsulas interviene factores climáticos como luz, humedad, temperatura que influyen de manera directa y que esta puede variar y diferenciarse entre longitudes cortas, intermedias y largas.

En los resultados encontrados para la variable longitud de cápsulas ($p = 0.5128$) no se registran diferencias estadísticas a los 84 días después de la siembra, al aplicar bioestimulante a razón de 75 kg ha^{-1} de manera fraccionada en tres momentos de aplicación (figura 5).

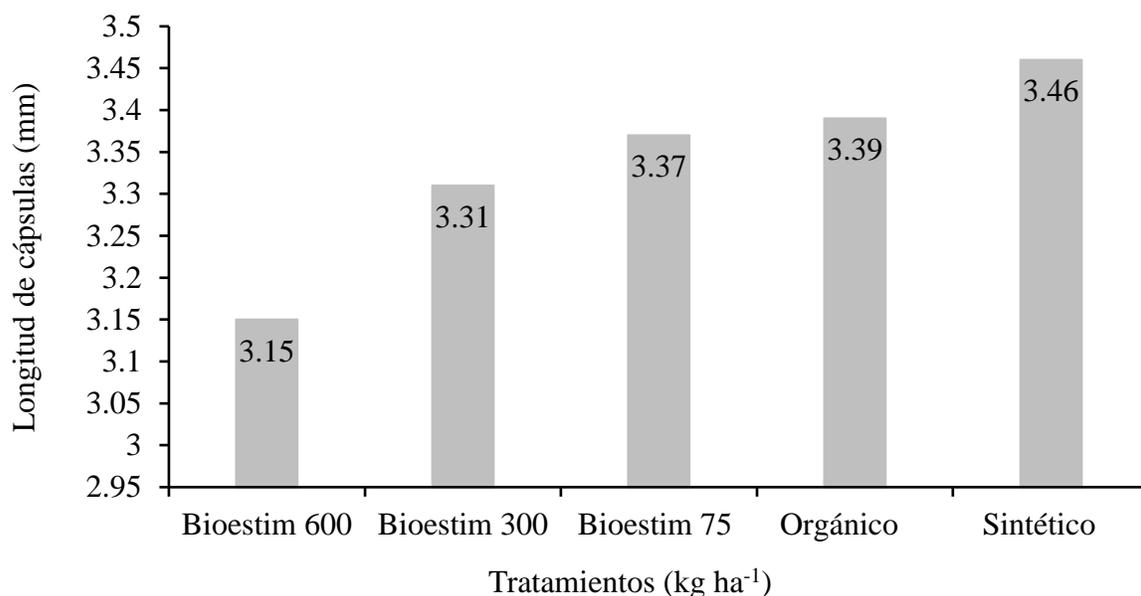


Figura 5. Longitud de cápsulas (mm) por influencia de los tratamientos.

Héctor-Ardisana *et al.* (2020) demuestran que con la aplicación de Bioles estimulantes y sintéticos presentan diferencias significativas en las variables de longitud de cápsulas, prevaleciendo con valores superiores el tratamiento químico, resultados que difieren con los obtenidos en esta investigación.

Además, la longitud de la cápsula no influye en la variable de rendimiento ya que no se encuentran diferencias significativas, lo cual es afirmado por Héctor-Ardisana *et al.* (2020), donde el obtener valores superiores con el tratamiento sintético no demuestra diferencias estadísticas en la variable de rendimiento.

5.6 Número de semillas por cápsulas

Vargas y Blanco (2002) aseguran que el número de semillas por cápsula es una característica genotípica propia de cada variedad, y que varía en un rango limitado según las condiciones ambientales y el manejo agronómico del cultivo.

Téllez y Ramírez (1999) señalan que cuando se presenta una sequía prolongada en el último período de maduración de las cápsulas, estas maduran prematuramente y resultan vanas, además que el cultivo requiere un clima seco en la época de cosecha, aunque no tan extremo, pues en este caso se presentan pérdidas considerables de la semilla, debido a la dehiscencia prematura de las cápsulas y fuertes vientos durante este período.

Los resultados de número de semillas por cápsulas son estadísticamente iguales ($p = 0.0608$), a los 92 días después de la siembra y en función de los tratamientos (Figura 6).

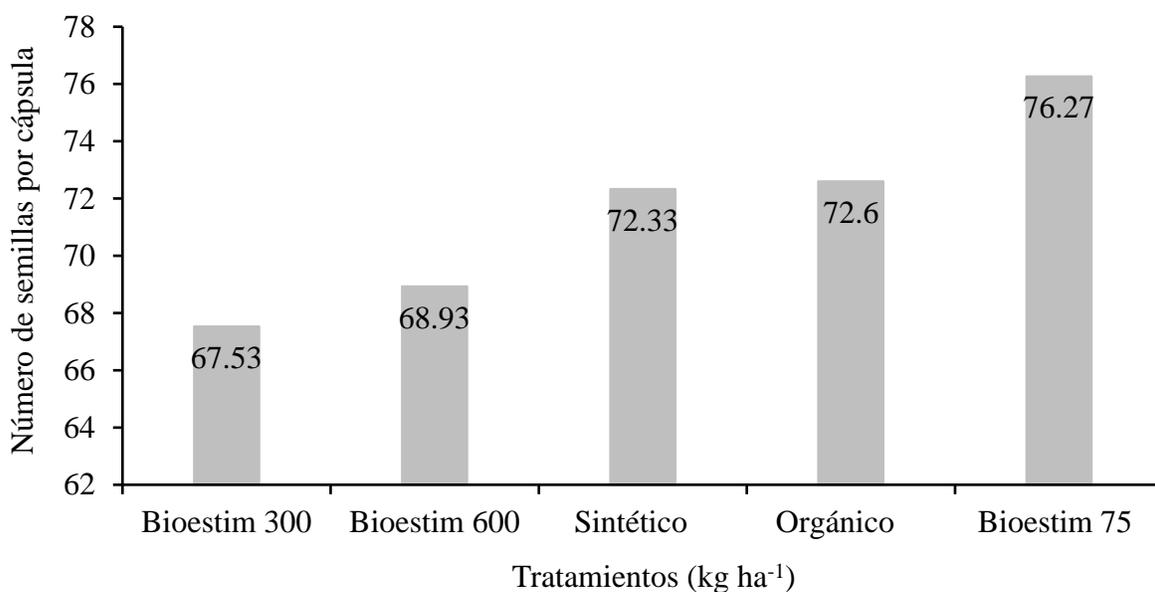


Figura 6. Número de semillas por cápsula por influencia de los tratamientos.

Héctor-Ardisana *et al.* (2020), afirman que solo el tratamiento químico (fórmula física: urea (50 g), superfosfato triple (25 g), cloruro de potasio (50 g) condujo a valores significativamente

superiores en la variable, a diferencia de los tratamientos de Bioles; en cambio, en este estudio ninguno de los tratamientos difiere estadísticamente.

Los resultados coinciden con Amador (2004), quien no encontró diferencias al evaluar diferentes dosis de fertilizantes, fraccionamiento y la combinación de ambos factores.

La investigación realizada por Téllez y Ramírez (1999), indica que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados con cachaza de caña de azúcar (bioestimulantes aplicados en fracciones y en diferentes dosis) más el tratamiento químico (18-46-0 y urea al 46 %) para la variable número de semillas por cápsulas; siendo similar a los resultados obtenidos en esta investigación.

Igualmente, Flores y García (1998) no registran diferencias en cuanto al número de semillas por cápsulas por efecto de dosis y fraccionamiento de nitrógeno en un estudio de fertilización nitrogenada en ajonjolí, pero con diferente variedad; reportan que la variable número de semillas por cápsula no presentó diferencias estadísticas con respecto a los tratamientos.

Centeno y Poveda (2010), afirman que en muchos casos el desarrollo del fruto depende de la polinización de la flor y la actividad de otras sustancias de crecimiento. Las cápsulas se derivan de ovarios compuestos o sea de ovarios que se forman de dos o más carpelos unidos. Cada carpelo produce un número variable de semillas.

Estos mismos autores, aseguran que los elementos esenciales para la formación de sustancias de crecimiento son fósforo, que ayuda a la planta asimilar los nutrientes necesarios para su desarrollo, y potasio que ayuda a mejorar la características organolépticas y calidad de los frutos. Estos nutrientes se encuentran disponibles para la planta en el bioestimulante utilizado, así como el fertilizante sintético y el abono orgánico.

Chile *et al.* (2022), en una investigación sobre aplicación de bioles y fertilizantes químicos en el rendimiento de ajonjolí, mencionan que el mejor crecimiento vegetativo de las plantas se obtuvo cuando se aplicaron fertilizantes que contenían nitrógeno, el cual permitió que se

presentara un área fotosintética más grande y por lo tanto más fotosintatos, y la translocación de estos fotosintatos contribuía a la eficiencia de las partes reproductivas que dan como resultado mayor número de cápsulas, mayor número de semillas por cápsula y mayor peso de la cápsula.

5.7 Rendimiento (kg ha⁻¹)

Uriarte y Tapia (1997) indican que el rendimiento es el resultado del efecto de la combinación de factores genéticos ecológicos, así como la interacción de las características genotípicas y fenotípicas con el ambiente, incluyendo dentro de este último la influencia de la actividad humana mediante el manejo del cultivo.

Vargas y Blanco (2002), plantean que esta es la variable principal en cualquier cultivo y determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio unido al potencial genético de la variedad.

Téllez y Ramírez (1999), afirman que el rendimiento se usa para referirse al volumen o peso de aquellos órganos vegetales que comprenden el producto de valor económico.

Los resultados, indican que no hay diferencias estadísticas ($p = 0.7863$), esto significa que los rendimientos son iguales indistintamente del uso de bioestimulante el abono orgánico o la fertilización sintética (Figura 7).

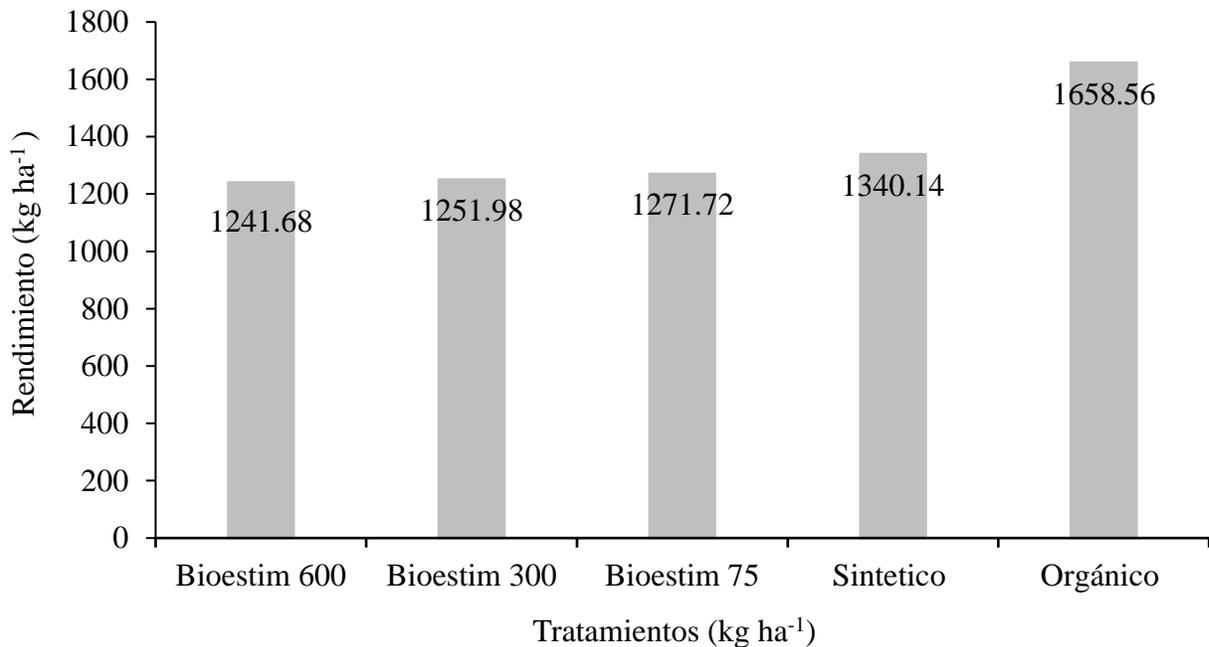


Figura 7. Rendimiento (kg ha⁻¹) por influencia de los tratamientos.

Estos resultados defieren a los reportados por Centeno y Poveda (2010) quienes obtuvieron mayor rendimiento en la aplicación de fertilizantes químicos en comparación a los fertilizantes orgánicos.

Investigaciones realizadas por Téllez y Ramírez (1999), registran diferencias estadísticas entre aplicaciones de abonos orgánicos en su investigación encontraron diferencias entre los rendimientos obtenidos de cada uno de los tratamientos, aplicación de cachaza de caña de azúcar en diferentes dosis y tratamiento químico. Sin embargo, en nuestro ensayo no se encontraron diferencia significativa en los rendimientos obtenidos de los tratamientos, pero superan a los encontrados por Téllez y Ramírez (1999).

Vargas y Blanco (2002), aplicando diferentes niveles de nitrógeno, no encontraron diferencias significativas en la variable de rendimiento, similar a lo encontrado en nuestro ensayo donde las aplicaciones de bioestimulantes y nitrógeno no se encontraron diferencias, demostrando la eficiencia del elemento en la síntesis de proteínas.

Flores y García (1998), utilizando diferentes dosis y fraccionamiento de urea al 46 %, registraron diferencias significativas entre las dosis de urea, pero sin diferencias estadísticas con relación a su fraccionamiento, demostrando así, que las altas dosis de nitrógeno pueden afectar el rendimiento.

En cambio, Flores *et al.* (2022), en un estudio sobre el crecimiento y rendimiento del ajonjolí bajo la acción de dos bioestimulante y fertilizantes químicos, registraron que los fertilizantes químicos, tienen diferencias significativas en el rendimiento.

Montoya *et al.* (2019), aseguran que la fertilización química condujo a la obtención de valores superiores en todas las variables del rendimiento, seguidos por el empleo de los bioestimulantes (biol), demostrando la posibilidad del uso de éstos como sustitutos parciales de los fertilizantes químicos en la nutrición del ajonjolí.

La investigación realizada por Montoya *et al.* (2019), indica que la fertilización química (especialmente nitrógeno y fósforo) presentan diferencias significativas en el rendimiento del cultivo, independientemente del uso de dosis altas y bajas de fertilizante. Sin embargo, en esta investigación se demuestra que entre la aplicación de bioestimulante y la fertilización química, no existe diferencias estadísticas en el rendimiento del cultivo.

VI. CONCLUSIONES

La altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm) y número de hojas por planta se comporta igual indistintamente del uso del fertilizante sintético el fertilizante orgánico o del uso de bioestimulante.

El número de cápsulas por planta, longitud de cápsulas (mm), el número de semillas por cápsulas, así como el rendimiento (kg ha^{-1}), no presentan diferencias en relación con el uso de bioestimulante el fertilizante sintético o el abono orgánico.

VII. RECOMENDACIONES

Aplicar como alternativa a la fertilización sintética y a la fertilización orgánica la dosis de 75 kg ha⁻¹ del bioestimulante en tres fraccionamientos de 25 kg ha⁻¹ a los 20, 35 y 62 días después de la siembra, debido a que es la tecnología de menor costo y no presenta diferencias en relación con el crecimiento y el rendimiento del cultivo.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguirre, R. y Peske, S. (1988). *Manual para el beneficio de semillas*. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB118.3_A33_Manual_para_el_beneficio_de_semillas.pdf
- Amador Altamirano, J. U. (2004). *Evaluación de dosis y momentos de aplicación del humus de lombriz sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del ajonjolí (sesamun indicum L.) Variedad cuyumaqui*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1928/>
- Ávila, J. M. y Graterol, Y. E. (2005). *Efecto de la época de siembra, distancia entre hileras y fertilización sobre el crecimiento y producción del ajonjolí (Sesamum indicum L.)*. *Bioagro*, 17(1), 35-40. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612005000100005&lng=es&tlng=es
- Blanco Guerrero, E. M. y Mairena Meléndez, B. J. (1993). *Estudio del efecto de diferentes niveles y fraccionamientos del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento del ajonjolí (sesamun indicum L.) var. Turen, y comparación de costo y rendimiento de cada de cada tratamiento*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1598/>
- Cabrera-Medina, M., Borrero-Reynaldo, Y. y Rodríguez-Fajardo, A. (2011). *Efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de pimiento (Capsicum annun, L.) variedad atlas en condiciones de cultivo protegido*. *Ciencia en su PC*, (4), 32-42. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181324323003>
- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Olivera-Viciedo, D., Peña-Calzada, K. y Pérez-Díaz, Y. (2019). *Influencia de dos bioestimulantes en el comportamiento agrícola del cultivo del tabaco (Nicotiana tabacum L.)*. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 8(1), 31-44. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v8n1.73546>
- Centeno Álvarez, M. I. C. y Poveda Lacayo, R. A. (2010). *Evaluación del manejo orgánico del cultivo de ajonjolí (sesamun indicun) con tres tipos de fertilizantes orgánicos bokashi, lombri abono y compost en el campus agropecuario de la UNAN-León en el periodo de septiembre a diciembre del 2009*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/884/1/217842.pdf>
- Central de Cooperativas Multisectoriales de Importación y Exportación Nicaragüense "Del Campo" (2008). *Manual de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de ajonjolí M.B.P.A.* https://delcampo.net.ni/file_bibli/Manual_de_BPA_en_Ajonjoli.pdf
- Chemonics Internacional. (2009). *Manual de ajonjolí*. Chemonics Internacional.

- Chile Flores, N. R., Rodríguez Urrutia, E. A., Molina Escalante, M. O., Rodríguez Gracias, O. A. y Carranza Estrada, F. A. (2022). *Evaluación de cinco dosis de un fertilizante químico y una dosis de fertilizante orgánico en el desarrollo y rendimiento del cultivo de ajonjolí (Sesamum indicum L.) en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador*. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/28860/2/Art%C3%ADculo%20cient%C3%ADfico.pdf>
- Dionicio Machari, G. A. (2008). *Rendimiento del ajonjolí (Sesamum Indicum L.) con dosis de Humus de lombriz en el Fundo Miraflores Banda de Shilcayo-San Martín-Perú*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/1189/1/ITEM%4011458-444.pdf>
- Escobar-Oña, W., Pazmiño-Mayorga, J. A. y Tafur-Recalde, V. (2017). Respuesta del cultivo de fréjol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación foliar complementaria de tres bioestimulantes. *Dominio de las Ciencias*, 3(3), 556-571. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/492>
- Flores Mayorga, K. R. y García Granados, J. M. (1998). *Efecto de diferentes niveles y fraccionamientos de nitrógeno, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí (sesamun indicum L.) variedad mejicana y análisis económico de los tratamientos*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional <https://repositorio.una.edu.ni/1689/>
- González, A. L. (2012). *Determinación del destino del nitrógeno aplicado a un cultivo de sésamo mediante la técnica isotópica*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Asunción]. <https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/TES-BN-016.pdf>
- Héctor-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., Medranda-Vera, F. y Montoya-Bazán, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4), e02. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000400002
- Hernández Blandón, C. de las A. y Zúñiga Herrera, S. del C. (2016). *El cultivo del ajonjolí y su importancia en la economía de Nicaragua, durante el periodo 2009-2013*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/3317/1/17317.pdf>
- Layne-Garsaball, J. A. y Méndez-Natera, J. R. (2006). Efectos de extractos acuosos del follaje del corocillo (*Cyperus rotundus* L.) sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) cv. arapatol S-15. *Idecia (Arica)*, 24(2), 61-75. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000200008&lng=es&tlng=es
- López Pérez, Y. y Pouza Barrera, Y. (2014). Efecto de la aplicación del bioestimulante fitomas-e en tres etapas de desarrollo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 7(20). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6453559>

- Montoya Bazán, J. L., Héctor Ardisana, E. F., Torres García, A. y Fosado Téllez, O. (2019). Crecimiento y rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) bajo la acción de dos bioles. *La Técnica*, (22), 1-10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7407785>
- Ochoa Videa, L. M. y Meza Jiménez, E. A. (2000). *Efectos de diferentes niveles y fraccionamiento de nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí (Sesamun indicum L.) Variedad cuyumaqui*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1754/>
- Olivas Galo, J. y Munguía Martínez, F. I. (2000). *Estudio del efecto de diferentes densidades de siembras sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí (Sesamun indicum L.) variedad cuyumaqui*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1760/>
- Pineda Coronado, M. R. (2009). *Respuesta del cultivo de ajonjolí (Sesamum indicum L, Pedaliaceae) a la fertilización al suelo y foliar en Aldea El Paredón Buena Vista, La Gomera, Escuintla, Guatemala*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar]. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2009/06/04/Pineda-Mynor.pdf>
- Proteínas Naturales. (2020). *Ficha técnica hemoglobina bovina desecada (abono orgánico – bioestimulante*. PROTENA.
- Reyes González, D. L. y Rojas Ocón, J. R. (2010). *Manejo de cosecha del cultivo de ajonjolí (Sesamum indicum L.) variedad ICTA-R198, en el centro experimental de occidente (C.E.O), municipio de Posoltega departamento Chinandega, ciclo agrícola de postrema 2008 – 2009*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/5014/1/215531.pdf>
- Somarriba Rodríguez, C. (1998). *Texto granos básicos*. Universidad Nacional Agraria.
- Téllez Crespín, O. D. y Ramírez Hernández, D. R. (1999). *Efecto de la fertilización orgánica utilizando humus de cachaza de caña de azúcar (Sacharum officinarum L.) en el cultivo de ajonjolí (Sesamum indicum L.)*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1711/>
- Universidad Nacional Agraria. (2022). *Análisis químico de suelo*. UNA-LABSA.
- Uriarte, E. A. y Tapia Oporta, H. de J. (1997). *Estudio del efecto de diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de ajonjolí (sesamun indicum L.) Variedad mejicana*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1645/>
- Vargas Téllez, Y. R. y Blanco Hernández, F. P. (2002). *Efecto de densidad poblacional de plantas y fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí Sesamun indicum L. variedad INTA Aj-2000*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1889/>

IX. Anexos

Anexo 1. Preparación de suelo en el área experimental



Anexo 2. Raleo del cultivo



Anexo 3. Preparación de la disolución del bioestimulante



Anexo 4. Aplicación del bioestimulante



Anexo 5. Medición de la altura de planta



Anexo 6. Registro del número de hojas



Anexo 7. Registro del número de cápsulas por planta



Anexo 8. Medición de la longitud de cápsula y de semillas por cápsula





Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible