

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento, rendimiento e índice de calidad de grano en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) variedad mejorada Estación – UES 1 en la Estación Experimental y de Prácticas.

**POR
BR. JOSÉ DANIEL VALDIZÓN ALVARENGA**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO 2026

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

ING. NELSON BERNABE GRANADOS

SECRETARIO

M. Sc. EDGAR GEOVANY REYES MELARA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

M. Sc. ING. HUMBERTO RUÍZ MEJÍA

DOCENTES DIRECTORES

ING. AGR. MARVIN ORLANDO MOLINA ESCALANTE

ING. AGR. LUIS ALONSO ALAS ROMERO

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

ING. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PÉREZ

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el municipio de La Paz Oeste, distrito de San Luis Talpa, departamento de La Paz, entre marzo y julio de 2025. El objetivo fue evaluar el efecto de bioestimulantes a base de mango y bambú sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de grano en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), variedad Estación–UES 1. El ensayo se condujo bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones, aplicando bioestimulantes foliares cada 8 y 15 días.

Se detectaron diferencias altamente significativas en altura de planta ($p \leq 0.0001$), diámetro de tallo ($p \leq 0.0001$) y número de hojas ($p \leq 0.0001$). Las plantas a las que se les aplicó el bioestimulante de mango cada 8 días alcanzaron la mayor altura (241.67 cm) y diámetro (20.90 mm), mientras que las plantas a las que se les aplicó el bioestimulante de bambú cada 15 días produjeron más hojas (47.33). En el rendimiento, los bioestimulantes superaron al testigo, destacando el bambú cada 8 días, con 139.67 cápsulas y 21.58 g por planta ($p \leq 0.0001$). En calidad, este mismo tratamiento alcanzó el mayor peso de mil semillas (4.2 g) y longitud de grano (3.24 mm).

Las correlaciones mostraron que el diámetro del tallo y el número de cápsulas por planta se asociaron positivamente con el rendimiento ($r = 0.34$ y $r = 0.46$; $p \leq 0.0001$).

Se concluye que los bioestimulantes aplicados cada 8 días mejoran el crecimiento de la planta, el rendimiento y ciertos atributos de calidad, constituyendo una alternativa sostenible para el cultivo de ajonjolí en condiciones locales.

Palabras clave: productividad agrícola, fertilización foliar, crecimiento vegetal, semillas oleaginosas, manejo sostenible.

ABSTRACT

The research was carried out at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences, University of El Salvador, located in La Paz Oeste municipality, San Luis Talpa district, La Paz department, from March to July 2025. The objective was to evaluate the effect of mango- and bamboo-based biostimulants on growth, yield, and grain quality of sesame (*Sesamum indicum* L.), Estación–UES 1 variety. The trial was conducted under a Randomized Complete Block Design with five treatments and three replications, applying foliar biostimulants every 8 and 15 days.

Significant differences were found in plant height ($p \leq 0.0001$), stem diameter ($p \leq 0.0001$), and number of leaves ($p \leq 0.0001$). Mango applied every 8 days reached the greatest height (241.67 cm) and diameter (20.90 mm), while bamboo every 15 days produced more leaves (47.33). In yield, biostimulant treatments outperformed the control, with bamboo every 8 days showing the highest values: 139.67 capsules and 21.58 g per plant ($p \leq 0.0001$). In grain quality, the same treatment achieved the highest thousand-seed weight (4.2 g) and grain length (3.24 mm). Correlations showed that stem diameter and number of capsules per plant were positively associated with yield ($r = 0.34$ and $r = 0.46$; $p \leq 0.0001$).

It is concluded that biostimulants applied every 8 days significantly improve growth, yield, and some quality traits, representing a sustainable alternative for sesame cultivation under local conditions.

Keywords: agricultural productivity, foliar fertilization, plant growth, oilseed crops, sustainable management.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la salud, fortaleza y sabiduría para culminar este trabajo y acompañarme en cada etapa de mi formación.

A mis padres Moisés Valdizón y Marina Alvarenga, por su apoyo incondicional. A mis hermanos Alejandro, Adolfo, Marta, Irma e Iliana, por su ánimo constante. A mi tío Carlos Valdizón, mi prima Isabel Valdizón y su familia, por abrirme las puertas de su hogar; y a mi tía Gladis Valdizón, por sus oraciones y apoyo desde la distancia.

A toda mi familia, incluidos mi abuelo, tíos y primos, por creer siempre en mí.

A mi prometida Camila Hidalgo, por su compañía, comprensión y apoyo a lo largo de toda mi carrera.

A mis asesores Ing. Agr. Marvin Orlando Molina Escalante e Ing. Agr. Luis Alonso Alas Romero, por su orientación y guía. A los docentes de la Facultad de Ciencias Agronómicas, y a quienes contribuyeron de alguna manera a este proyecto, mi sincero agradecimiento.

A mis compañeros y amigos, por su apoyo y colaboración durante este proceso.

DEDICATORIAS

A Dios, por su guía, fortaleza y por acompañarme en cada paso de este camino.

A mis padres Moisés Valdizón y Marina Alvarenga, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional;
y a mis hermanos Alejandro, Adolfo, Marta, Irma e Iliana por su ánimo constante.

A la memoria de mi abuela Sara Menjívar y de mi tía Catalina Orellana, cuyos valores, cariño y enseñanzas siguen inspirando mi vida. Este logro también es para ellas.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS	2
2.1.	Objetivo general.....	2
2.2.	Objetivos específicos.....	2
3.	MARCO TEÓRICO	3
3.1.	Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	3
3.2.	Desarrollo rural	3
3.3.	El cultivo de ajonjolí (<i>Sesamum indicum</i> L.).....	4
3.4.	Bioestimulantes agrícolas	6
3.5.	Uso de bioestimulantes en el cultivo de ajonjolí	8
3.6.	Variables agronómicas del ajonjolí	9
3.7.	Variables fenológicas del ajonjolí.....	10
3.8.	Relación calidad del grano con el peso de mil semillas	10
4.	METODOLOGÍA	12
4.1.	Ubicación del estudio.....	12
4.2.	Metodología de campo.....	12
4.2.1.	Muestreo de suelos	12
4.2.2.	Preparación del suelo	13
4.2.3.	Delimitación del área.....	13
4.2.4.	Elaboración de bioestimulantes	13
4.2.5.	Manejo del cultivo	13
4.3.	Metodología estadística.....	14
4.3.1.	Material experimental	14

4.3.2.	Diseño experimental.....	14
4.3.3.	Tratamientos.....	15
4.3.4.	Tamaño de muestra y distribución espacial de los tratamientos.....	15
4.3.5.	Variables evaluadas	15
4.3.6.	Análisis descriptivo e inferencial	16
4.3.7.	Toma de datos	17
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	18
5.1.	Crecimiento.....	18
5.1.1.	Altura de planta	18
5.1.2.	Diámetro del tallo.....	19
5.1.3.	Número de hojas por planta.....	20
5.2.	Rendimiento.....	21
5.2.1.	Número de cápsulas por planta.....	21
5.2.2.	Dimensiones de cápsulas.....	22
5.2.3.	Número de semillas por cápsula	23
5.2.4.	Rendimiento en quintales por hectárea	24
5.3.	Calidad de grano	25
5.3.1.	Peso mil semillas.....	25
5.3.2.	Dimensiones de grano	25
5.4.	Costo beneficios de los bioestimulantes aplicados en el rendimiento del ajonjolí....	28
6.	CONCLUSIONES.....	31
7.	RECOMENDACIONES.....	32
8.	BIBLIOGRAFÍA	
9.	ANEXOS.....	

Índice figuras

Figura 1. Cultivo de ajonjolí.	6
Figura 2. Ubicación de la EPP (Google Earth, 2025)	12
Figura 3. Comportamiento de la variable altura de planta de ajonjolí (<i>Sesamum indicum</i> L.).	18
Figura 4. Comportamiento de la variable diámetro de tallo en planta de ajonjolí.	19
Figura 5. Comportamiento de la variable número de hojas por planta.	20
Figura 6. Comportamiento de la variable número de cápsulas por planta.	21
Figura 7. Comportamiento de la variable dimensiones de cápsulas.	22
Figura 8. Comportamiento de la variable semillas por cápsula.	23
Figura 9. Comportamiento del rendimiento kg/20m ²	24
Figura 10. Comportamiento de la variable peso mil semillas.	25
Figura 11. Comportamiento de la variable dimensiones de grano.	26

Índice cuadros

Cuadro 1. Composición nutricional del ajonjolí (<i>Sesamum indicum</i> L.)	5
Cuadro 2. Efectos de la aplicación de dos bioles, fertilización química y no fertilización en las variables del crecimiento en ajonjolí.	8
Cuadro 3. Efectos de la aplicación de dos bioles, fertilización química y no fertilización en las variables del rendimiento en ajonjolí.	8
Cuadro 4. Tratamientos.	15
Cuadro 5. Variables evaluadas.	16
Cuadro 6. Correlaciones de Pearson positivas y significativas entre variables de crecimiento, rendimiento y calidad del grano en ajonjolí.	27
Cuadro 7. Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre variables de crecimiento, rendimiento y calidad de grano en ajonjolí (<i>Sesamum indicum</i> L.), variedad Estación – UES. .	27
Cuadro 8. Costo beneficios al aplicar bioestimulantes y vender la producción en diferentes épocas del año.	30

1. INTRODUCCIÓN

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es un cultivo con alto porcentaje de aceite muy importante en lo económico y la salud. Su grano es una fuente grande de proteína, grasas, minerales y vitaminas, lo que lo hace un alimento funcional que cada vez interesa más. En El Salvador, cultivar ajonjolí es una opción para pequeños y medianos productores que pueden aprovechar su valor en el mercado y posible venta en el exterior (FAO, 2022).

Sin embargo, la poca riqueza en los suelos y el mal uso de fertilizantes químicos afectan la cantidad de lo cosechado bajando así su capacidad para competir con otros aceites. En este punto se necesita encontrar técnicas agronómicas más amigables con el medio ambiente y menos costosas, que ayuden a mejorar la producción y el tipo del grano cosechado (FAO, 2022). Entre estas alternativas se destacan los bioestimulantes, productos de origen orgánico que promueven procesos fisiológicos en las plantas, incrementan la absorción de nutrientes y mejoran la tolerancia al estrés biótico y abiótico. Estudios recientes han demostrado que la aplicación de bioestimulantes puede favorecer el crecimiento vegetativo y reproductivo del ajonjolí, así como potenciar el rendimiento del cultivo (Montoya *et al.*, 2019; Baltodano y Díaz, 2024).

En la Universidad de El Salvador se han desarrollado variedades mejoradas de ajonjolí como lo es la variedad Estación – UES 1, que está adaptada a las condiciones locales, que ha mostrado un buen potencial productivo a nivel de ensayos, pero que aún requiere validación bajo diferentes esquemas de fertilización orgánica y biológica. Por ello, se plantea la presente investigación, cuyo propósito es evaluar la influencia de bioestimulantes elaborados a base de mango y bambú sobre el crecimiento, rendimiento e índice de calidad de grano en esta variedad.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar la influencia de bioestimulantes a base de mango y bambú sobre el crecimiento, rendimiento, índice de calidad de grano y relación costo-beneficio en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en la Estación Experimental y de Prácticas.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Analizar el efecto de los bioestimulantes sobre las variables de crecimiento del cultivo de ajonjolí.
- ✓ Establecer la relación entre las variables morfológicas, productivas y de calidad del grano en el rendimiento final del cultivo de ajonjolí.
- ✓ Comparar los beneficios económicos derivados del uso de diferentes fuentes de fertilizantes foliares en el cultivo de ajonjolí.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

En la Cumbre para el Desarrollo Sostenible que se llevó a cabo en septiembre de 2015, todos los Estados miembros de las Naciones Unidas (ONU) aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que incluye un grupo de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales buscan reducir la pobreza, erradicación de desigualdades e injusticias, y hacer frente al cambio climático. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible también conocidos como Objetivos Mundiales, se basan en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), ocho objetivos contra la pobreza que el mundo se comprometió a alcanzar en el 2015 (UN, 2015).

Con la realización de esta investigación se espera contribuir al cumplimiento del siguiente Objetivo de Desarrollo Sostenible: Objetivo 2, Hambre cero, el cual tiene la finalidad de buscar terminar con todas las formas de hambre y desnutrición de aquí al 2030 y velar por el acceso de todas las personas, en especial los niños y niñas, y los más vulnerables, a una alimentación suficiente y nutritiva durante todo el año (FAO & NU, 2015)

3.2. Desarrollo rural

El desarrollo rural contemporáneo se concibe como un proceso integral orientado a la transformación estructural de las comunidades rurales, en el cual convergen dimensiones económicas, sociales, culturales y ambientales. Esta visión supera la tradicional asociación entre desarrollo rural y crecimiento agrícola, promoviendo estrategias que impulsen la diversificación productiva y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. En este contexto, el cultivo de ajonjolí se presenta como una alternativa estratégica para fortalecer las economías locales, dada su adaptabilidad a condiciones climáticas adversas, su bajo requerimiento hídrico y su alto potencial comercial tanto en mercados nacionales como internacionales. La incorporación de este cultivo dentro de modelos agroecológicos y de producción sostenible contribuye no solo a la generación de ingresos, sino también al

fortalecimiento del capital social y a la cohesión comunitaria, aspectos esenciales para un desarrollo rural equitativo y sostenible (Pachón, 2007; Quintanilla Trigueros, 2013).

El fomento del cultivo de ajonjolí se inscribe en la perspectiva de la denominada “nueva ruralidad”, la cual reconoce la necesidad de diversificar las actividades económicas del medio rural y de articularlas con procesos de innovación, educación y participación local. Conforme a lo expuesto por Pachón (2007), el desarrollo rural debe orientarse hacia la generación de capacidades endógenas y la integración de los productores en cadenas de valor sostenibles. En este sentido, la consolidación de sistemas productivos y agroindustriales basados en el ajonjolí podría potenciar el desarrollo territorial mediante la creación de empleo, el incremento del valor agregado y la promoción de la soberanía alimentaria. De esta forma, el ajonjolí trasciende su función agrícola para convertirse en un eje dinamizador del desarrollo rural integral, contribuyendo a la reducción de la pobreza y al fortalecimiento de la identidad agrícola de las comunidades rurales salvadoreñas (Pachón, 2007).

3.3. El cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.)

El ajonjolí es una planta de la familia *Pedaliaceae*. Su cultivo es anual, el ciclo puede variar entre 90–130 días, dependiendo de la variedad y las condiciones ecológicas.

Es una planta herbácea que soporta temperaturas que fluctúan entre 20°C y 35°C; requiere de precipitaciones pluviales entre 400 y 900 mm. Sus hojas son verdes, flores blancas o rosas, su tronco es erguido. Produce cápsulas con numerosas semillas lisas (MEFCCA, s. f.).

La semilla es altamente nutritiva, por su composición aportan fibra, proteína vegetal, ácidos grasos insaturados, carbohidratos y diversos minerales como calcio, fósforo, hierro y magnesio como se observa en el cuadro 1. Además, brinda una buena cantidad de vitamina B y vitamina E (Ministerio de Economía Familiar Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA) s. f.).

Asimismo, su versatilidad permite la extracción de aceites de alta estabilidad oxidativa y la elaboración de productos como el tahini. Su consumo regular se asocia con beneficios cardiovasculares debido a la presencia de antioxidantes naturales como la sesamina y el sesamol.

Cuadro 1. Composición nutricional del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.)

Nutriente	Cantidad por 1 cucharada (9 g)	% Valor Diario (VD)
Calorías	52 kcal	—
Agua	0.42 g	—
Proteínas	1.6 g	3 %
Carbohidratos	2.11 g	1 %
Grasas totales	4.47 g	7 %
Fibra dietética	1.1 g	4 %
Vitamina B ₁ (Tiamina)	0.071 mg	6 %
Vitamina B ₂ (Riboflavina)	0.022 mg	2 %
Vitamina B ₃ (Niacina)	0.406 mg	3 %
Vitamina B ₉ (Ácido fólico)	9 µg	2 %
Cobre (Cu)	0.367 mg	41 %
Manganeso (Mn)	0.221 mg	10 %
Magnesio (Mg)	32 mg	8 %
Calcio (Ca)	88 mg	7 %
Hierro (Fe)	1.31 mg	7 %
Selenio (Se)	3.1 µg	6 %
Zinc (Zn)	0.7 mg	6 %
Fósforo (P)	57 mg	5 %
Otros minerales (<2% VD)	Potasio, Colina, Vitamina B ₅ , Vitamina E	—

Nota. Adaptado de HerbaZest (2024), con datos de USDA National Nutrient Database y NIH Dietary Supplement Label Database.

El ajonjolí se desarrolla bien en suelos con texturas sueltas (franca arenosa y arenosa), pero no polvosas, para que pueda almacenar el agua en épocas de sequía, y con un pH neutro (entre 5,4 y 6,7). Los suelos deben tener buen drenaje, dada la sensibilidad de la planta al exceso de agua, pero se recomienda que, durante la preparación para la siembra, se deje el suelo con alguna cobertura para protegerlo de sequías y para garantizar cierto grado de humedad que ayude a la germinación y al crecimiento de las plantas, de tal manera que se puedan obtener buenas cosechas en el futuro (Corporación PBA, s. f.)

La siembra se hace en forma mateada o a chorrillo; la distancia puede ser de 60 cm entre surcos y a chorro continuo para después hacer raleo, dejando de 15 a 18 plantas por metro lineal. Es importante que el terreno esté nivelado para obtener una siembra uniforme (Corporación PBA, s. f.)

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA] (2025) más de la mitad del peso de la semilla es aceite, y el resto: proteínas (18%), fibra (8%), minerales (2%), etc. Las grasas que contiene son insaturadas, con predominio de las poliinsaturadas. Éstas, junto a la también presente lecitina, hacen del sésamo un alimento que contribuye a reducir los niveles de colesterol sanguíneo. La proteína de estas semillas está formada por quince aminoácidos distintos, con una elevada proporción del aminoácido esencial metionina. Por otro lado, las semillas de sésamo poseen buenas cantidades de fibra, por lo que su consumo resulta beneficioso para la regulación de la función intestinal (MAPA, 2025).

La semilla de ajonjolí, dentro de las principales semillas oleaginosas a nivel mundial, no representa un peso importante como la soya, el girasol y el algodón, pero no significa que su producción sea innecesaria. El ajonjolí (figura 1) posee un alto valor nutritivo y su aceite es de mejor calidad que del resto de oleaginosas, por eso es más demandado en procesos que requieren de mayor duración del producto preparado con aceite. Por tal motivo, no es de fácil acceso para los hogares, debido a su alto nivel de calidad que se traduce en un mayor precio con relación al resto de aceites (BCN, s. f.).



Figura 1. Cultivo de ajonjolí.

3.4. Bioestimulantes agrícolas

Como la propia etimología de la palabra indica, bio- significa “vida” y estimulante significa “que provoca estímulo”. Así, un bioestimulante agrícola es un producto que “estimula la vida” (de las plantas).

Los bioestimulantes de plantas son productos que contienen sustancias y / o microorganismos cuya función, cuando se aplica a las plantas o la rizosfera, es estimular los procesos naturales para mejorar / beneficiar la absorción de nutrientes, la eficiencia de los nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad de los cultivos (Montoya et al., 2019).

Por lo tanto, los productos bioestimulantes son productos que estimulan los procesos naturales de las plantas para potenciar su eficiencia (Manvert, s. f.).

Los bioestimulantes tienen numerosos beneficios para los cultivos:

- ✓ Estimular el crecimiento del sistema radicular aumentando el potencial nutricional de la planta
- ✓ Facilitar la disponibilidad y la absorción de nutrientes
- ✓ Mejorar la calidad de frutas y hortalizas como su firmeza, el calibre, el nivel de azúcar o la vida post cosecha
- ✓ Incrementar la tolerancia de los cultivos al estrés abiótico y biótico, como la sequía, el frío, el calor, la salinidad, las enfermedades o las plagas, reduciendo las pérdidas de producción.
- ✓ Mejorar la fertilidad del suelo, su microbiota y estructura
- ✓ Regular la cantidad de agua disponible para la planta
- ✓ Mejorar el crecimiento vegetativo en todas sus fases y el ciclo reproductivo.

En 2017, Morales A. ha concluido que los bioestimulantes son sustancias orgánicas que se utilizan para potenciar el crecimiento y desarrollo de las plantas y entregar mayor resistencia a las condiciones de estrés bióticos y abióticos, tales como temperaturas extremas, estrés hídrico por déficit o exceso de humedad, salinidad, toxicidad, incidencia de plagas y/o enfermedades. Su composición puede incluir auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, ácido jasmónico u otra fitohormona. A nivel del sistema radical su acción está relacionada con la absorción y transporte de agua y nutrientes, mejorar el soporte de la planta, optimizar la síntesis de hormonas que regulan la división y diferenciación celular con mecanismos diferentes a los utilizados por los fertilizantes u otros productos nutricionales, que en la mayoría de los casos actúan sobre el vigor de la planta y no sobre la protección contra plagas y enfermedades. Se deben usar, al establecer el cultivo, en pequeñas cantidades como

complemento en la fertilización y control de plagas o enfermedades, con el fin de aumentar el rendimiento, calidad de la fruta y protección ante las condiciones climáticas adversas.

3.5. Uso de bioestimulantes en el cultivo de ajonjolí

Según Montoya Bazán, Héctor Ardisana, Torres García y Fosado Téllez (2019) los rendimientos obtenidos con los tratamientos orgánicos (bioles) no lograron igualar a los alcanzados con la fertilización química (cuadro 2); sin embargo, su aplicación permitió alcanzar el 67.88% (biol 1) y el 78.65% (biol 2) del rendimiento obtenido con fertilizante químico según el cuadro 3. Esto puede estar relacionado con las bajas dosis de bioles empleadas y con su procedencia; en otros tipos de bioestimulante se ha demostrado que estos son factores determinantes en los resultados obtenidos.

Cuadro 2. Efectos de la aplicación de dos bioles, fertilización química y no fertilización en las variables del crecimiento en ajonjolí.

Tratamiento	Altura de carga (m)	Altura de la planta (m)
Biol 1	1,26± 0,008 a	2,56± 0,033 a
Biol 2	1,30± 0,076 a	2,66± 0,033 a
Suelo sin fertilizar	1,23± 0,061 a	2,52± 0,120 a
Fertilización química	1,30± 0,016 a	2,59± 0,033 a
CV (%)	6,90	3,59

Nota. Tomado de Montoya Bazán et al. (2019).

Cuadro 3. Efectos de la aplicación de dos bioles, fertilización química y no fertilización en las variables del rendimiento en ajonjolí.

Tratamiento	Longitud de las cápsulas (cm)	Cápsulas por planta	Semillas por cápsula	Rendimiento (t. ha ⁻¹)
Biol 1	2,70± 0,088 b	86,58± 1,202 c	57,93± 1,155 b	0,687± 0,006 c
Biol 2	3,00± 0,033 b	103,55± 1,453 b	61,02± 0,577 b	0,796± 0,012 b
Suelo sin fertilizar	1,84± 0,152 c	43,73± 1,667 d	42,67± 1,202 c	0,617± 0,016 d
Fertilización química	4,13± 0,066 a	119,68± 0,882 a	81,55± 0,667 a	1,012± 0,010 a
CV (%)	5,97	2,33	3,29	2,21

Nota. Tomado de Montoya Bazán et al. (2019).

En el trabajo de tesis desarrollado por Baltodano y Díaz (2024), se evaluó el efecto de la aplicación de tres dosis de bioestimulantes, en comparación con la fertilización sintética y orgánica, sobre variables de crecimiento y rendimiento en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). Los resultados demostraron que la altura de las plantas alcanzó valores ligeramente superiores con la aplicación de bioestimulantes, registrando 148.1 cm, frente a los 147.63 cm obtenidos con fertilizante sintético, lo cual sugiere que los bioestimulantes contribuyen a un crecimiento vegetativo estable y sostenido. Por otra parte, el diámetro del tallo, variable clave para garantizar la firmeza estructural de la planta y la correcta distribución de nutrientes hacia los órganos reproductivos, fue también mayor en las plantas tratadas con bioestimulantes (15.27 mm) en comparación al tratamiento sintético (14.3 mm).

En relación con el rendimiento, se observó que las plantas tratadas con bioestimulantes produjeron un promedio de 95.77 cápsulas por planta, mientras que aquellas que recibieron fertilización sintética generaron únicamente 70.13 cápsulas por planta, evidenciando un efecto positivo de los bioestimulantes en la capacidad reproductiva del cultivo. Esta tendencia se confirmó al analizar el número de semillas por cápsula, donde los tratamientos con bioestimulantes mostraron un promedio de 76.27 semillas por cápsula, superando las 72.33 semillas por cápsula obtenidas con fertilizante sintético. Estos resultados permiten concluir que el uso de bioestimulantes representa una alternativa viable para mejorar tanto el crecimiento como el rendimiento productivo del ajonjolí, con el beneficio adicional de ser una práctica más sostenible y potencialmente menos costosa que la fertilización química convencional.

3.6. Variables agronómicas del ajonjolí

Las variables agronómicas más comparadas que se evalúan en ensayos de campo tenemos el medir el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad del grano.

En 2019, Montoya Bazán et.al midieron las siguientes variables en su ensayo de campo para determinar el crecimiento y rendimiento del ajonjolí al aplicar dos bioles:

- ✓ Altura de carga (m)
- ✓ Altura de la planta (m)
- ✓ Longitud de la cápsula (cm)

- ✓ Cápsulas por plantas
- ✓ Semillas por cápsulas
- ✓ Rendimiento

Dentro de las variables productivas podemos medir las siguientes:

- ✓ Peso de mil semillas (gr)
- ✓ Rendimiento por plantas

Para medir las variables de la calidad del grano podemos optar por:

- ✓ Porcentaje de aceite (%)
- ✓ Contenido de proteína (%)
- ✓ Humedad (%)
- ✓ Color del grano
- ✓ Tamaño del grano

3.7. Variables fenológicas del ajonjolí

Entre las variables fenológicas tenemos:

- ✓ Días de emergencia
- ✓ Días de floración
- ✓ Días de fructificación
- ✓ Días a la madurez fisiológica
- ✓ Duración del ciclo (días desde siembra a cosecha)

3.8. Relación calidad del grano con el peso de mil semillas

La calidad del grano de ajonjolí está regulada en Centroamérica por la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 11 019-06, la cual establece los requisitos mínimos que debe cumplir el ajonjolí natural y descortezado para su comercialización. Según esta norma, el grano sin descortezar clasificado como Grado A debe presentar una humedad máxima de 6 %, mientras que el Grado B permite hasta 7 % y el Grado C hasta 8 %. En el caso del ajonjolí descortezado, la humedad permitida es aún más estricta, con un límite del 4 %. Asimismo, la norma establece límites para el porcentaje de materias extrañas, granos dañados e impurezas,

así como criterios organolépticos y sanitarios que garantizan la inocuidad del grano y su aptitud para consumo o procesamiento. Estos parámetros permiten asegurar la conservación del producto y mantener su valor comercial en los mercados regionales (NTON 11 019-06, 2006).

El peso de mil semillas (PMS) constituye un indicador fundamental de la calidad física y fisiológica del ajonjolí, debido a que refleja el contenido de reservas y el tamaño del grano, factores que influyen directamente en el vigor, la germinación y el establecimiento de la plántula. De acuerdo con Copeland & McDonald (2012), semillas con mayor peso suelen poseer una mayor cantidad de compuestos de reserva —como lípidos y proteínas— lo que favorece un crecimiento inicial más robusto y una emergencia uniforme en campo. Asimismo, el PMS es considerado un descriptor varietal clave en programas de mejoramiento genético, ya que presenta alta relación con el tamaño y la densidad de la semilla, características asociadas al potencial productivo (Boelt & Shrestha, 2019).

La calidad del grano de ajonjolí se relaciona directamente con el peso de mil semillas (PMS), ya que ambos reflejan el tamaño, las reservas y el estado físico del grano. Mientras la NTON 11 019-06 establece criterios de humedad, pureza e inocuidad, el PMS indica vigor y uniformidad del cultivo. En conjunto, un PMS alto y un grano libre de daños garantizan mejor calidad comercial y mayor estabilidad en almacenamiento.

4. METODOLOGÍA

4.1. Ubicación del estudio

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental y de Prácticas (EEP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, ubicada en Cantón Tecualuya, municipio de La Paz Oeste, Distrito de San Luis Talpa, departamento de La Paz (ver figura 2), entre los meses de marzo a julio del presente año, la zona presenta una altitud promedio de 53 msnm, con coordenadas geográficas aproximadas de latitud N 13° 28' 31.008" y longitud O 89° 5' 45.312".



Figura 2. Ubicación de la EPP (Google Earth, 2025)

4.2. Metodología de campo

4.2.1. Muestreo de suelos

El ensayo se llevó a cabo en el área conocida como Panga 3, dentro de las instalaciones de la EEP, donde se realizó un muestreo de suelo mediante la recolección de 10 sub muestras obtenidas en puntos estratégicamente distribuidos en forma de zigzag a lo largo de todo el terreno. En cada punto, se excavó un agujero con una profundidad de 0 -20 cm y se tomó otra sub muestra a una profundidad de 20 – 40 cm. El material extraído se colocó en bolsas plásticas debidamente rotuladas con información de interés como la profundidad y el punto extraído. Posteriormente, se realizó una mezcla homogénea de las 5 sub muestras obtenidas a cada profundidad para obtener una sola muestra de alrededor de 1 kg para cada una. Las 2 muestras obtenidas fueron enviadas al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias

Agronómicas con el fin de determinar datos físico químicos que fueron de mucha utilidad como el porcentaje de materia orgánica disponible, pH, porcentaje de macro y micronutrientes entre otros.

4.2.2. Preparación del suelo

Se realizó la preparación del suelo utilizando maquinaria agrícola, con el objetivo de crear las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo. El proceso inició con la chapoda de la Panga 3, seguida de dos pasos de rastra en forma cruzada. Posteriormente, se llevó a cabo el preencamado y, finalmente, el encamado del terreno.

4.2.3. Delimitación del área

El área destinada para establecer el ensayo es de 400 metros cuadrados, con 5 camas de siembra de 20 metros de largo y una distancia de 1 metro entre cama de siembra para distribuir de forma eficiente recursos como el agua y la disponibilidad de luz solar directa.

4.2.4. Elaboración de bioestimulantes

La preparación de los bioestimulantes foliares a base de mango y bambú se realizó bajo condiciones controladas utilizando un volumen de 100 L por cada uno. El proceso consistió en la fermentación aeróbica de la materia orgánica (pulpa de mango o brotes tiernos de bambú) combinada con agua sin cloro, melaza y de microorganismos líquidos como activadores biológicos (ver anexo A-1 y anexo A-2). Con el propósito de potenciar el valor nutricional del producto final, cada mezcla fue enriquecida homogéneamente con sales minerales, incorporando dosis estrictas de sulfatos de manganeso, magnesio, potasio y zinc, además de ácido bórico y fosfato monoamónico (ver anexo A-3 y anexo A-4).

4.2.5. Manejo del cultivo

4.2.5.1. Siembra

En el anexo A-5 se observa que la siembra se realizó de forma directa y manual mediante el ahoyado, el día 08 de marzo de 2025, estableciendo una distancia de 0.40 metros entre cada postura, dispuesta a doble hilera en cada cama de siembra. En cada postura se sembraron de 6 a 8 semillas, con el objetivo de lograr una distribución uniforme y minimizar la competencia por nutrientes y agua.

4.2.5.2. Riego

Se instaló un sistema de riego por goteo en cada cama de siembra, utilizando cintas de riego de 16 mm, colocadas a una distancia de 0.20 metros, las cinco camas de siembra contaron únicamente con una cinta de riego, y la siembra se realizó a doble hilera.

4.2.5.3. Raleo

El raleo se realizó a los 12 días después de siembra (ver anexo A-6), con el propósito de dejar únicamente entre cuatro y cinco plantas por postura, asegurando un adecuado espaciamiento y reduciendo la competencia entre las plantas.

4.2.5.4. Control de malezas

El deshierbe se realizó de forma manual a los 15 días después de siembra (ver anexo A-7). Posteriormente, se aplicó un herbicida selectivo post-emergente para el control específico de gramíneas.

4.2.5.5. Control de plagas y enfermedades

No se realizó ningún tipo de aplicación de insecticida ya que no se tuvo incidencia de plagas.

4.2.5.6. Fertilización

La fertilización se realizó de forma foliar, mediante la aplicación de bioestimulantes a base de mango y bambú, con el objetivo de comparar el rendimiento entre cada tipo de bioestimulante. Las aplicaciones se efectuaron a intervalos de 7 y 15 días (ver anexo A-8), según el tratamiento correspondiente (ver anexo A-9).

4.3. Metodología estadística

4.3.1. Material experimental

Se estableció la variedad mejorada Estación UES – 1. Esta semilla es el resultado de un proceso de mejoramiento genético iniciado en el año 2018 en la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador, como parte de un programa orientado a desarrollar material tolerante a acame, anegamiento y calidad de grano (color blanco – tamaño de grano).

4.3.2. Diseño experimental

En el anexo A-10 se observa como el ensayo se estableció bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con el propósito de controlar la variabilidad dentro del campo experimental y

garantizar que las diferencias observadas entre tratamientos se atribuyan al efecto de los bioestimulantes aplicados, y no a factores externos.

Para ello, se delimitó un bloque de 20 metros de largo, el cual se subdividió en tres sub-bloques de 6.50 metros cada uno. Dentro de cada sub-bloque, los tratamientos se distribuyeron de forma aleatoria, estableciendo tres repeticiones por tratamiento y cada repetición contara con dos camas de siembra, una a doble cinta de riego y la otra con una cinta de riego.

4.3.3. Tratamientos

Para el establecimiento del ensayo se consideraron cinco tratamientos, cada uno con tres repeticiones. Los tratamientos se describen a continuación en el cuadro 4:

Cuadro 4. Tratamientos.

Tratamiento	Bioestimulante	Frecuencia de aplicación
T0	Tratamiento testigo (sin fertilización foliar)	-
T1	Mango con sales minerales	Cada 8 días
T2	Mango con sales minerales	Cada 15 días
T3	Bambú con sales minerales	Cada 8 días
T4	Bambú con sales minerales	Cada 15 días

4.3.4. Tamaño de muestra y distribución espacial de los tratamientos

Para cada tratamiento se seleccionaron 30 plantas de ajonjolí, 10 plantas por cada repetición, totalizando 150 plantas en los 5 tratamientos. Estas fueron marcadas e identificadas adecuadamente con el propósito de realizar un seguimiento detallado durante todo su ciclo fenológico. La selección de las plantas se hizo exclusivamente en la zona central de cada parcela experimental, con el fin de minimizar el efecto de bordes y garantizar que los datos recolectados sean representativos, precisos y confiables para los fines de la investigación.

4.3.5. Variables evaluadas

Para evaluar de manera integral el comportamiento fitotécnico del cultivo de ajonjolí bajo la influencia de los bioestimulantes, se realizó el seguimiento y registro de diferentes variables cuantitativas agrupadas en componentes de crecimiento, rendimiento y calidad física del grano. En el cuadro 5 se detallan las variables evaluadas junto con sus respectivas metodologías y herramientas de medición en campo y laboratorio.

Cuadro 5. Variables evaluadas

VARIABLES	FORMAS DE MEDICIÓN
Diámetro del tallo, parte basal de la planta	Se utilizó un pie de rey
Altura de la planta (altura final)	Se utilizó una cinta métrica para tomar la medida desde la base hasta la parte apical del tallo
Número de cápsulas por planta	Se contó el número total de cápsulas formadas en toda la planta, y se hará cuando la planta esté de cosecha entre los 90 a 110 días después de siembra.
Tamaño de cápsulas	Se utilizó un pie de rey para medir dimensiones de ancho y largo.
Número de semillas por cápsulas	Se contó el número total de semillas formadas en toda la cápsula.
Rendimiento por planta	Se pesó en una báscula analítica la cantidad total de semilla producida por tratamiento.
Peso en gramos de 1000 semillas por planta (Referencia)	Se cortó y pesó 1000 semillas en una báscula analítica.
Tamaño de grano	Se utilizó un pie de rey para medir dimensiones de ancho y largo.

4.3.6. Análisis descriptivo e inferencial

Se realizó un análisis descriptivo de las variables evaluadas a lo largo del ciclo fenológico del cultivo, el cual incluirá:

- ✓ Promedios (media aritmética)
- ✓ Desviación estándar
- ✓ CV (%)
- ✓ Valores mínimos y máximos

Este análisis permitió conocer la tendencia central y la dispersión de los datos, proporcionando una visión general del comportamiento de las plantas de ajonjolí bajo los diferentes tratamientos con bioestimulantes.

Análisis inferencial

Para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) bajo el modelo de Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). El modelo estadístico a emplear será el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = valor observado del tratamiento i en el bloque j

μ = media general

T_i = efecto del tratamiento

B_j = efecto del bloque

ε_{ij} = error experimental aleatorio

Cuando se detecten diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad para identificar cuáles tratamientos difieren entre sí.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software InfoStat.

Variables analizadas

Las variables sujetas a análisis fueron:

- ✓ Crecimiento: altura de planta (cm), número de hojas, grosor del tallo (mm)
- ✓ Rendimiento: número de cápsulas por planta, número de semillas por cápsula, rendimiento por planta (gr)
- ✓ Calidad del grano: tamaño, peso de 1000 semillas, humedad al momento de cosecha, etc. (si aplica)

4.3.7. Toma de datos

La primera toma de datos se realizó a los 22 días después de siembra, evaluando las variables de crecimiento: altura de planta, grosor del tallo y número de hojas (ver anexo A-11 y anexo A-12). Posteriormente, las mediciones se efectuaron antes de cada aplicación de los bioestimulantes foliares, con el propósito de llevar un registro continuo que permita evaluar la efectividad de los tratamientos aplicados.

Para la recolección de datos se utilizaron instrumentos como cinta métrica para medir la altura de las plantas, pie de rey para determinar el grosor del tallo y una libreta de campo para el registro manual de las observaciones (ver anexos A-13 al A-17), hasta llegar al corte y cosecha del ajonjolí (ver anexo A-18 y anexo A-19)

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Crecimiento

5.1.1. Altura de planta

Según los resultados obtenidos (figura 3), la mayor altura de las plantas se obtuvo con el tratamiento uno (se aplicó bioestimulante de mango con sales minerales, aplicados cada 8 días, con 4 aplicaciones en el ciclo del cultivo, en una cantidad acumulada de biol de 0.20 L/20 m² (100 litros/ha)), con 241.67 cm de altura, seguido del tratamiento 4 (se aplicó bioestimulante de bambú con sales minerales, aplicados cada 15 días, con 3 aplicaciones en total, en una cantidad acumulada de biol de 0.15L/20 m² (75 litros/ha)), con 230.5 cm de altura, mientras que la menor altura se registró en el tratamiento tres (se aplicó bioestimulante de bambú con sales minerales, aplicados cada 8 días, con 4 aplicaciones, en una cantidad acumulada de biol 0.20 L/20 m² (100 litros/ha)), con 224.9 cm.

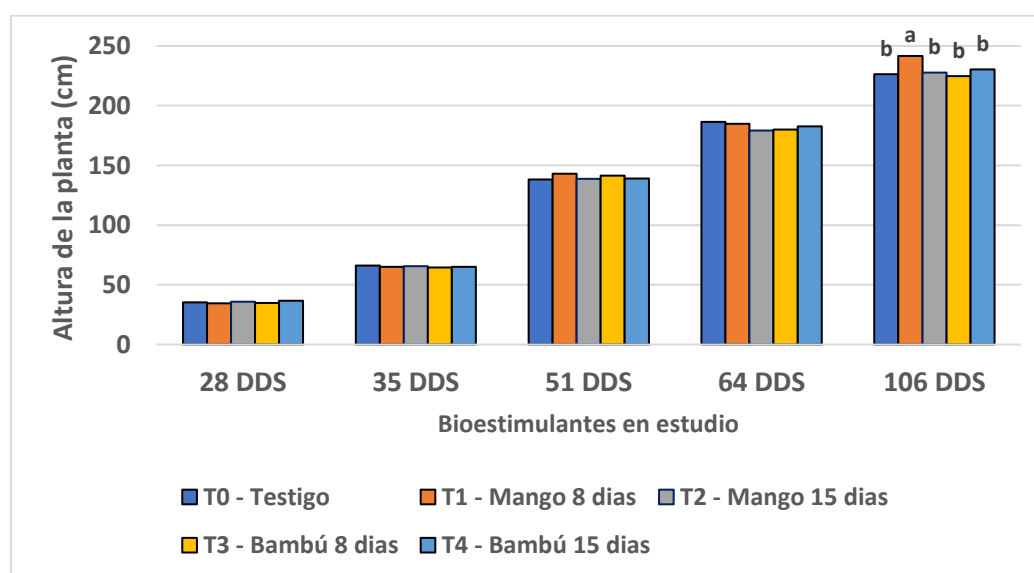


Figura 3. Comportamiento de la variable altura de planta de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.).

Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) menor que la significancia estadística $\alpha = 0.05$, que los tratamientos presentan diferencias estadísticas significativas, evidenciando que el tratamiento 1 supera estadísticamente en altura al resto de tratamientos.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Baltodano y Díaz (2024), quienes encontraron que la aplicación de bioestimulantes favorece un crecimiento vegetativo más estable y sostenido en ajonjolí. Asimismo, concuerdan con Montoya *et al.* (2019), quienes señalan que el uso de bioles y otros bioestimulantes contribuye a mejorar variables morfológicas como la altura de planta, lo cual se asocia con una mejor absorción de nutrientes y mayor capacidad de fotosíntesis.

5.1.2. Diámetro del tallo

El grosor del tallo aumentó progresivamente desde los 28 hasta los 106 días después de siembra en todos los tratamientos (figura 4). A partir de los 51 días después de siembra se comenzaron a observar diferencias más claras, destacando el tratamiento uno, que presentó los valores más altos durante todo el ciclo, con 20.9 mm en la última medición. El resto de tratamientos (T0 con 17.92 mm, T2 con 18.92 mm, T3 con 19.61 mm y T4 con 18.86) mostraron un crecimiento similar entre sí, aunque con valores ligeramente inferiores.

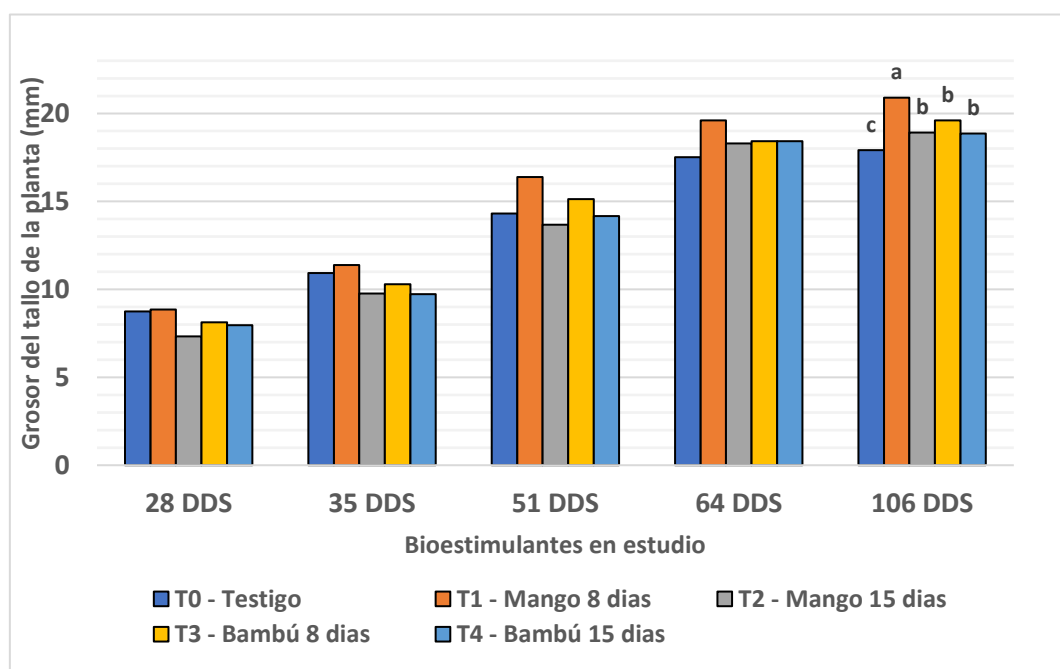


Figura 4. Comportamiento de la variable diámetro de tallo en planta de ajonjolí.

Medias con letras distintas indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Al aplicar el análisis de varianza (ver anexo A-20) se encontraron diferencias altamente significativas en el diámetro del tallo ($p < 0.0001$). La prueba de Tukey confirmó que el tratamiento T1 (mango cada 8 días) obtuvo el mayor diámetro (20.90 mm). Estos resultados coinciden con lo reportado por Baltodano y Díaz (2024) y Montoya *et al.* (2019), quienes destacan el efecto de los bioestimulantes en el vigor vegetativo y el engrosamiento del tallo.

5.1.3. Número de hojas por planta

El número de hojas por planta aumentó progresivamente desde los 28 hasta los 64 días después de siembra en todos los tratamientos (figura 5). En las fases iniciales (28, 35 y 51 días después de siembra) no se observaron diferencias notorias entre tratamientos, reflejando un crecimiento homogéneo. Sin embargo, a los 64 días después de siembra el tratamiento T4 (bambú cada 15 días) alcanzó el mayor número de hojas con 47.33 hojas, seguido de cerca por T0 y T3 con 45.93 y 44.53 hojas respectivamente, mientras que T1 (mango cada 8 días) presentó el valor más bajo en esta variable con 39.6 hojas.

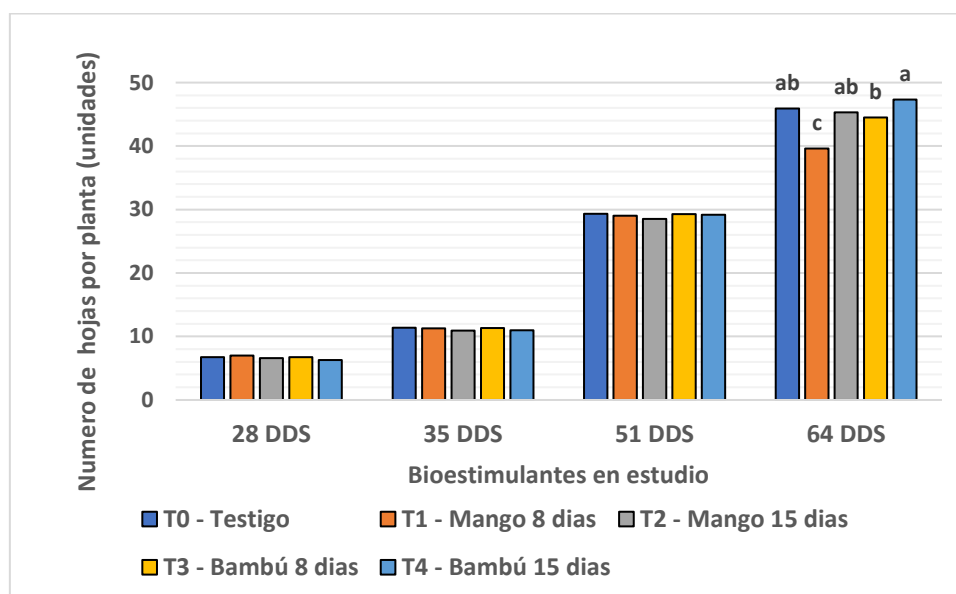


Figura 5. Comportamiento de la variable número de hojas por planta.

Al aplicar el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos para el número de hojas ($p < 0.0001$). La prueba de Tukey (ver anexo A-21) mostró que el tratamiento T4 (bambú cada 15 días) obtuvo el mayor número de hojas (47.33). El menor valor correspondió a T1 (mango cada 8 días), con 39.60 hojas; estos resultados coinciden con

lo reportado por Baltodano y Díaz (2024), quienes observaron incrementos en el desarrollo foliar con bioestimulantes, y con Montoya *et al.* (2019), quienes señalan que la composición y la frecuencia de aplicación influyen directamente en la respuesta fisiológica de la planta.

5.2. Rendimiento

5.2.1. Número de cápsulas por planta

En la figura 6, se observa que el mayor número de cápsulas por planta se obtuvo en el tratamiento 1 (mango con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones en el ciclo del cultivo, con un acumulado de 0.20 L/20 m² (100L/ha)) con 139 cápsulas/plantas, seguido del tratamiento 3 (bambú con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones, con un acumulado de 0.20 L/20 m² (100L/ha)) con 135 cápsulas/plantas, mientras que el testigo (sin aplicaciones de bioestimulantes) presento el menor valor con 99 cápsulas/planta.

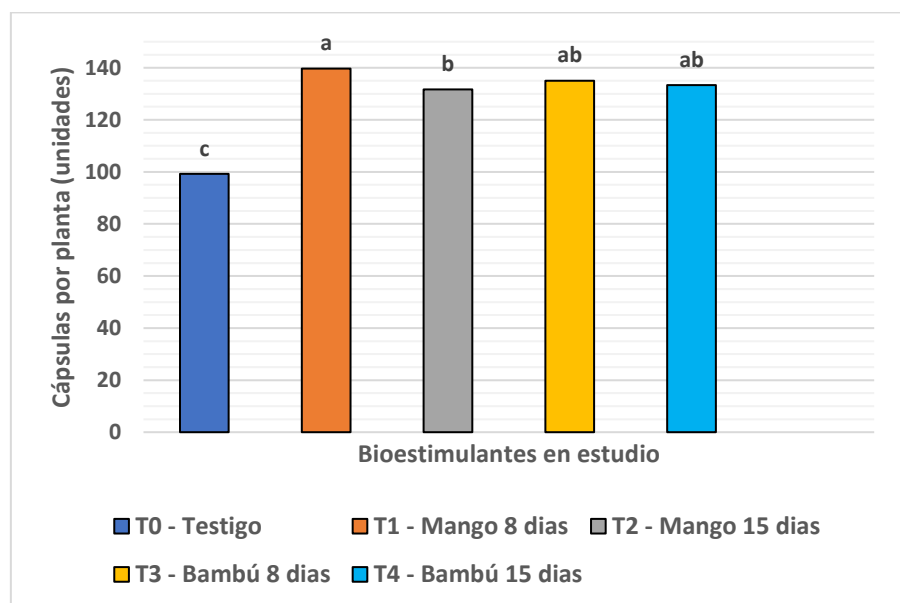


Figura 6. Comportamiento de la variable número de cápsulas por planta.

Al aplicar el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.0001$). La prueba de Tukey confirmó que el tratamiento T1 (mango con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones en todo el ciclo del cultivo, con un acumulado

de 0.20 L/20 m² (100 L/ha)) obtuvo el mayor número de cápsulas con 139 cápsulas/planta, y el testigo (sin aplicaciones de bioestimulantes) presentó el menor número de cápsulas con 99 cápsulas/planta. Estos resultados coinciden con lo reportado por Baltodano y Díaz (2024), quienes encontraron incrementos en la formación de cápsulas con el uso de bioestimulantes, y respaldan lo planteado por Montoya *et al.* (2019) sobre el papel de estos productos en la mejora de la absorción de nutrientes y la eficiencia fisiológica de la planta.

5.2.2. Dimensiones de cápsulas

En la figura 7, se observa que el ancho de cápsula se mantuvo relativamente constante en todos los tratamientos, reflejando un rango entre 8.03 – 8.17 mm. Por otra parte, el largo de cápsula sí presentó una tendencia ascendente, siendo mayor el tratamiento 4 con 24.93 mm, seguido por el tratamiento 3 con 24.03 mm, mientras que el testigo T0 presento el menor valor con 22.67 mm.

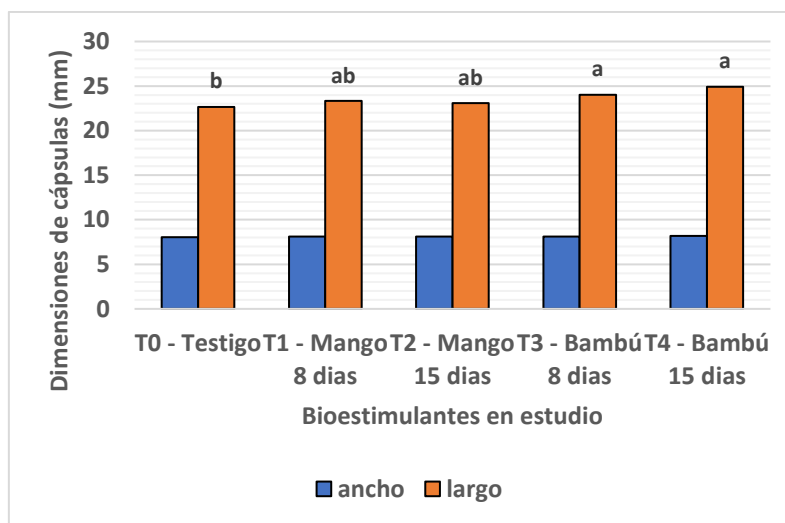


Figura 7. Comportamiento de la variable dimensiones de cápsulas.

Al aplicar el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p = 0.0700$), indicando que no hay diferencias entre las medias generadas por los tratamientos en relación a la variable en estudio.

Para el caso del largo de cápsula, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p = 0.0015$); la prueba de Tukey mostró que el tratamiento 4 presento el mayor largo de cápsula con 24.03 mm, en relación al resto de tratamientos.

Esto coinciden con lo señalado por Montoya et al. (2019), quienes indican que los bioestimulantes pueden mejorar parámetros morfológicos relacionados con el rendimiento, aunque la respuesta depende del tipo de producto y la frecuencia de aplicación.

5.2.3. Número de semillas por cápsula

En la figura 8, se observa que el tratamiento 3 (bambú con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones, con un acumulado de 0.20 L/20 m² (100 L/ha)) alcanzó el valor más alto con 59 semillas/cápsula, seguido del tratamiento 1 (mango con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones, con un acumulado de 0.20 L/20 m² (100 L/ha)) con 56 semillas/cápsula; mientras que el testigo (sin aplicaciones de bioestimulantes) presentó el valor más bajo con 51 semillas/cápsula. Estos resultados, coinciden con lo reportado por Baltodano y Díaz (2024), quienes observaron un mayor número de semillas bajo tratamientos con bioestimulantes; de igual manera, Montoya et al. (2019), señalan que estos productos mejoran la eficiencia fisiológica y contribuyen a incrementar la productividad.

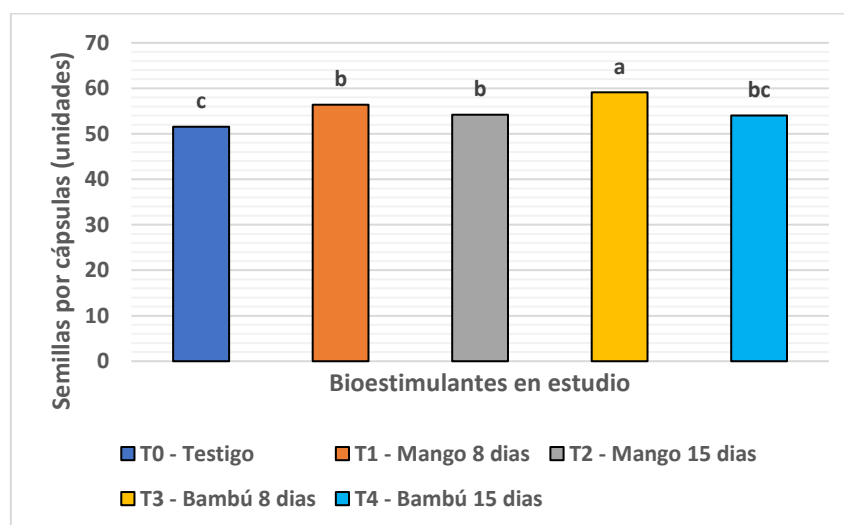


Figura 8. Comportamiento de la variable semillas por cápsula.

Al aplicar el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.0001$); la prueba de Tukey mostró que la mayor cantidad de semillas por cápsula se obtuvo con el tratamiento 3 (bambú con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones, con un acumulado de 0.20 L/20 m² (100 L/ha)), en relación al resto de tratamientos.

5.2.4. Rendimiento en quintales por hectárea

El rendimiento promedio de ajonjolí obtenido con el tratamiento de bioestimulante de bambú cada 8 días (T3), equivalente a 2.15 kg/20 m² (23.70 qq/ha), superó notablemente los resultados históricos de fertilización sintética reportados por Chile Flores (2022) en la misma Estación Experimental. En dicho antecedente, la aplicación óptima de fertilizante químico (fórmula 15-15-15 en dosis de 259.42 kg/ha) alcanzó un rendimiento máximo de 14.60 qq/ha. Este incremento del 62.3% a favor del uso de bioestimulantes foliares combinados con sales minerales demuestra la viabilidad de estas alternativas orgánicas. Fisiológicamente, este comportamiento se asocia a una mayor eficiencia en la asimilación de nutrientes, pero también al manejo agronómico diferencial del presente estudio, el cual implementó un sistema de riego por goteo dispuesto a doble hilera por cama, optimizando el uso del espacio y agua en campo en comparación con la siembra manual por postura convencional ejecutada por Chile Flores (2022).

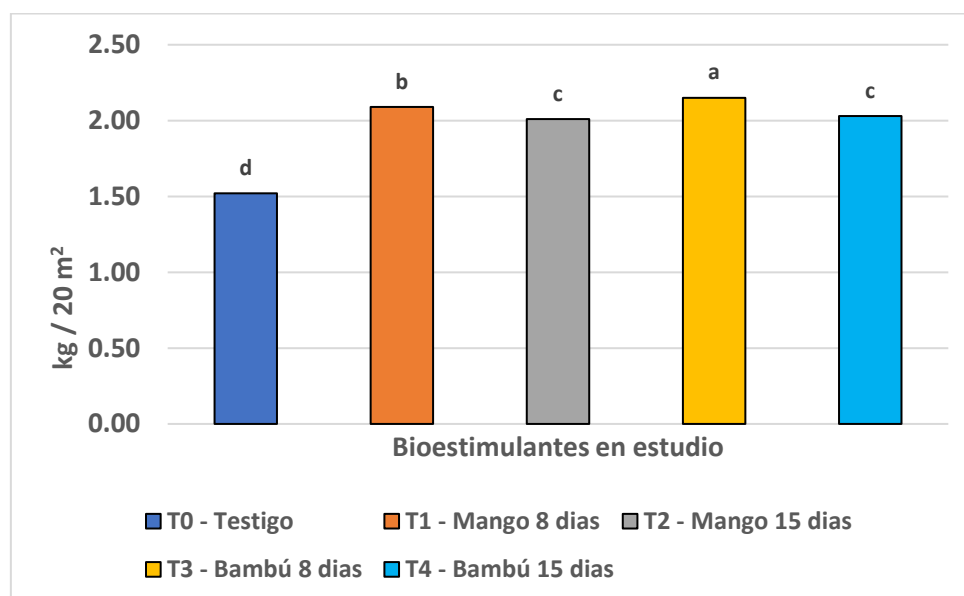


Figura 9. Comportamiento del rendimiento kg/20m².

Al aplicar el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$); siendo mejor el tratamiento 3 (bambú con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones, con un acumulado de 0.20 L/20 m² (100 L/ha)) con 2,15 kg/20 m², esto en relación con el resto de tratamientos (ver anexo A-22).

5.3. Calidad de grano

5.3.1. Peso mil semillas

En la figura 10, se observa que el tratamiento 3 (bambú con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones, con un acumulado de 0.20 L/20 m² (100 L/ha)) presento el mayor peso con 4.2 g, seguido del tratamiento 1 (mango con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones, con un acumulado de 0.20 L/20 m² (100 L/ha) con 3.9 g; mientras que los tratamientos 0, 2 y 4 presentaron valores similares con 3.7 g cada uno.

El peso de mil semillas (PMS) es una variable fundamental en la producción agrícola, ya que permite calcular con precisión la dosis de siembra y estimar la población final de plantas (ver anexo A-23 y anexo A-24). Además, refleja la calidad física y fisiológica de la semilla, pues valores más altos suelen asociarse con mayor vigor y mejores tasas de emergencia (Copeland & McDonald, 2012). Asimismo, en programas de mejoramiento, también funciona como descriptor varietal debido a su relación con el tamaño y las reservas de la semilla (Boelt & Shrestha, 2019).

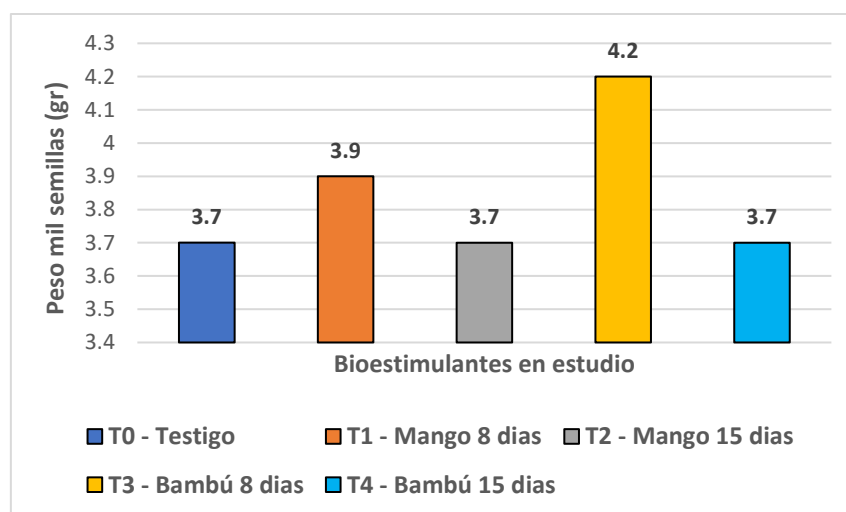


Figura 10. Comportamiento de la variable peso mil semillas.

5.3.2. Dimensiones de grano

En la figura 11, se observa que el ancho del grano, fue mayor en el tratamiento 4 con 1,79 mm, seguido del tratamiento 1 con 1.60 mm (ver anexo A-25).

Por otra parte, siempre en la figura 11, se observa que el largo del grano, fue mayor en el tratamiento 3 con 3.24 mm, seguido del tratamiento 4 con 2.83 mm; mientras que los valores más bajos los presentaron el testigo (T0) y el tratamiento 2 con 2.63 mm y 2.52 mm, respectivamente.

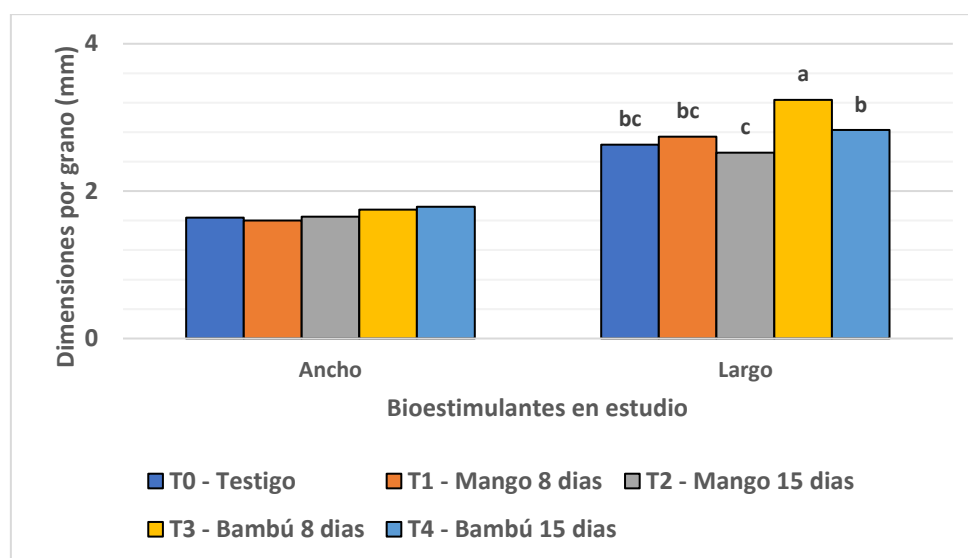


Figura 11. Comportamiento de la variable dimensiones de grano.

El análisis de varianza mostró que no hubo diferencias significativas en el ancho del grano ($p = 0.0574$), por otra parte, el largo del grano sí mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$), siendo el tratamiento 3 el que mejor resultados presentó con 3.24 mm.

El análisis de correlación de Pearson correspondiente a los tratamientos en estudio se detalla en el cuadro 6, destacando las interacciones positivas entre las variables de crecimiento y rendimiento. Por otra parte, el cuadro 7 resume el comportamiento general del cultivo y el efecto de la aplicación de los bioestimulantes sobre cada uno de los parámetros evaluados en campo y laboratorio.

Cuadro 6. Correlaciones de Pearson positivas y significativas entre variables de crecimiento, rendimiento y calidad del grano en ajonjolí.

Variables relacionadas	Coefficiente r	Significancia (p)
Altura (106 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA) ↔ Diámetro de tallo	0.28	<0.0005
Altura (106 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA) ↔ Rendimiento por planta	0.19	0.0217
Diámetro de tallo ↔ Semillas por cápsula	0.4	<0.0001
Diámetro de tallo ↔ Cápsulas por planta	0.41	<0.0001
Diámetro de tallo ↔ Rendimiento por planta	0.34	<0.0001
Largo de cápsula ↔ Cápsulas por planta	0.22	0.0063
Semillas por cápsula ↔ Cápsulas por planta	0.4	<0.0001
Semillas por cápsula ↔ Rendimiento por planta	0.38	<0.0001
Cápsulas por planta ↔ Rendimiento por planta	0.46	<0.0001

Nota: n = 150. Solo se presentan las correlaciones positivas que resultaron estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre variables de crecimiento, rendimiento y calidad de grano en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), variedad Estación – UES.

Variable	T0 (Testigo)	T1 (Mango 8d)	T2 (Mango 15d)	T3 (Bambú 8d)	T4 (Bambú 15d)
Altura de planta (cm, 106 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA)	226.33 ± 2.28 b	241.67 ± 2.28 a	227.63 ± 2.28 b	224.90 ± 2.28 b	230.50 ± 2.28 b
Diámetro de tallo (mm, 106 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA)	17.92 ± 0.22 c	20.90 ± 0.22 a	18.92 ± 0.22 b	19.61 ± 0.22 b	18.86 ± 0.22 b
Número de hojas (64 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA)	45.93 ± 0.54 AB	39.60 ± 0.54 c	45.30 ± 0.54 AB	44.53 ± 0.54 B	47.33 ± 0.54 a
Cápsulas por planta	99.23 ± 1.35 c	139.67 ± 1.35 a	131.67 ± 1.35 b	135.00 ± 1.35 ab	135.00 ± 1.35 ab
Longitud de cápsula (mm)	22.67 ± 0.28 b	23.23 ± 0.28 AB	23.10 ± 0.28 AB	24.03 ± 0.28 a	24.93 ± 0.28 a
Diámetro de cápsula (mm)	8.03 ± 0.05 a	8.10 ± 0.05 a	8.13 ± 0.05 a	8.10 ± 0.05 a	8.17 ± 0.05 a
Semillas por cápsula	51.53 ± 0.67 c	56.40 ± 0.67 b	54.20 ± 0.67 b	59.13 ± 0.67 a	54.03 ± 0.67 bc
Rendimiento por planta (g)	15.27 ± 0.42 c	20.97 ± 0.42 a	16.77 ± 0.42 BC	21.58 ± 0.42 a	17.59 ± 0.42 b

Peso de 1000 semillas (g)	3.70 ± 0.10 ab	3.90 ± 0.10 ab	3.70 ± 0.10 ab	4.20 ± 0.10 a	3.70 ± 0.10 ab
Ancho de grano (mm)	1.64 ± 0.03 a	1.60 ± 0.03 a	1.65 ± 0.03 a	1.75 ± 0.03 a	1.79 ± 0.03 a
Largo de grano (mm)	2.63 ± 0.07 BC	2.74 ± 0.07 BC	2.52 ± 0.07 c	3.24 ± 0.07 a	2.83 ± 0.07 b

Nota: Valores expresados como media ± error estándar. Letras distintas dentro de la misma fila indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

5.4. Costo beneficios de los bioestimulantes aplicados en el rendimiento del ajonjolí

El mayor ingreso económico neto se obtuvo con el tratamiento 3 (bambú con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones, con un acumulado de 0.20 L/20 m² (100 L/ha)) con \$1,184.20 dólares; seguido por el tratamiento 1 (mango con sales minerales – aplicados cada 8 días, 4 aplicaciones, con un acumulado de 0.20 L/20 m² (100 L/ha)) con un ingreso de \$1,130.60 dólares; y el menor ingreso neto se obtuvo con el tratamiento 0 (sin aplicaciones de bioestimulantes) con \$802.20 dólares (ver anexos A-26 al A-30).

Según M. O. Molina Escalante (comunicación personal, noviembre de 2025), los ingresos netos del productor pueden maximizarse cuando el grano de ajonjolí se almacena de manera adecuada, manteniendo una humedad cercana al 5% y aplicando un manejo eficiente de plagas durante el almacenamiento. El autor señala que la comercialización del grano en meses estratégicos, caracterizados por mayor demanda o escasez del producto, permite obtener precios de venta más altos y, por tanto, una mayor rentabilidad (ver cuadro 8). Por el contrario, vender durante los periodos de sobreoferta reduce significativamente el margen de ganancia. Asimismo, destaca que la calidad del grano influye directamente en el valor comercial, lo que refuerza la importancia de una correcta postcosecha y conservación.

El análisis costo–beneficio demuestra que la rentabilidad del cultivo depende tanto del rendimiento generado por los bioestimulantes como del momento de venta. Los tratamientos aplicados cada ocho días, particularmente el bioestimulante de bambú, obtuvieron los ingresos netos más altos en todos los escenarios de precio. Asimismo, se evidencia que almacenar el grano y comercializarlo en meses de mayor demanda (mayo – octubre) incrementa significativamente la ganancia económica, coincidiendo con lo señalado por M. O. Molina

Escalante (comunicación personal, noviembre de 2025), quien destaca que los ingresos netos se maximizan al evitar la venta en periodos de sobreoferta (noviembre – febrero) y mantener una adecuada humedad del grano durante el almacenamiento. En conjunto, el manejo postcosecha y la estrategia de venta influyen tanto como la tecnología aplicada en campo

Cuadro 8. Costo beneficios al aplicar bioestimulantes y vender la producción en diferentes épocas del año.

Tratamiento	Rendimiento		Época de venta	Precio qq	Venta producción		Gastos totales		Ingresos netos	
	mz	ha			mz	ha	mz	ha	mz	ha
Sin bioestimulantes	11.70 qq	16.75 qq	Nov – Mar	\$80.00	\$936	\$1,340	\$460.4	\$537.8	\$475.6	\$802.2
			May – Ago	\$100.00	\$1,170.0	\$1,675.0	\$460.4	\$537.8	\$709.60	\$1,137.20
			Ago - Nov	\$110.00	\$1,287.0	\$1,842.5	\$460.4	\$537.8	\$826.60	\$1,304.70
Bioestimulante de mango cada 8 días	16.12 qq	23.03 qq	Nov – Mar	\$80.00	\$1,289.6	\$1,842.4	\$606.02	\$711.8	\$683.58	\$1,130.6
			May – Ago	\$100.00	\$1,612.0	\$2,303.0	\$606.02	\$711.8	\$1,005.98	\$1,591.20
			Ago - Nov	\$110.00	\$1,773.2	\$2,533.3	\$606.02	\$711.8	\$1,167.18	\$1,821.50
Bioestimulante de mango cada 15 días	15.50 qq	22.15 qq	Nov – Mar	\$80.00	\$1,240	\$1,772	\$586.02	\$691.8	\$653.98	\$1,080.20
			May – Ago	\$100.00	\$1,550.0	\$2,215.0	\$586.02	\$691.8	\$963.98	\$1,523.20
			Ago - Nov	\$110.00	\$1,705.0	\$2,436.5	\$586.02	\$691.8	\$1,118.98	\$1,744.70
Bioestimulante de bambú cada 8 días	16.59 qq	23.70 qq	Nov – Mar	\$80.00	\$1,327.2	\$1,896	\$606.02	\$711.8	\$721.18	\$1,184.20
			May – Ago	\$100.00	\$1,659.0	\$2,370.0	\$606.02	\$711.8	\$1,052.98	\$1,658.20
			Ago - Nov	\$110.00	\$1,824.9	\$2,607.0	\$606.02	\$711.8	\$1,218.88	\$1,895.20
Bioestimulante de bambú cada 15 días	15.64 qq	22.35 qq	Nov – Mar	\$80.00	\$1,251.2	\$1,778	\$586.02	\$691.80	\$665.18	\$1,086.20
			May – Ago	\$100.00	\$1,564	\$2,235	\$586.02	\$691.80	\$977.98	\$1,543.20
			Ago - Nov	\$110.00	\$1,720.40	\$2,458.50	\$586.02	\$691.80	\$1,134.38	\$1,766.70

Nota. Tomado de M. O. Molina Escalante, comunicación personal, 2025.

6. CONCLUSIONES

La fertilización foliar con bioestimulantes orgánicos optimiza el desarrollo vegetativo del cultivo de ajonjolí variedad Estación–UES 1, promoviendo una mejora integral en la altura, el grosor del tallo y la capacidad foliar de las plantas. Específicamente, el bioestimulante a base de mango aplicado cada 8 días constituye la mejor alternativa tecnológica para maximizar el vigor y la robustez estructural del cultivo, superando significativamente al testigo sin fertilización y a los tratamientos basados en bambú.

Los bioestimulantes incrementaron significativamente las variables de rendimiento y calidad del grano en comparación con el testigo, destacando el tratamiento con bioestimulante de bambú aplicado cada 8 días, el cual presentó los mayores valores en número de cápsulas por planta, rendimiento por planta y peso de mil semillas. Esto confirma la eficacia de los bioestimulantes como alternativa para mejorar la productividad del cultivo.

Desde el punto de vista económico, el uso de bioestimulantes resultó rentable, siendo el tratamiento con bioestimulante de bambú aplicado cada 8 días el que generó el mayor ingreso neto. Esto evidencia que la implementación de bioestimulantes no solo mejora el rendimiento, sino que también incrementa la rentabilidad del cultivo de ajonjolí.

En conjunto, la aplicación de bioestimulantes, especialmente aquellos aplicados cada 8 días, representa una alternativa sostenible y económicamente viable para mejorar el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de ajonjolí bajo condiciones locales.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de bioestimulantes, especialmente a base de bambú y mango, con una frecuencia de 8 días, debido a su efecto positivo sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí.

Se sugiere priorizar prácticas que favorezcan el desarrollo del diámetro del tallo y el número de cápsulas por planta, ya que estas variables mostraron una relación directa con el rendimiento del cultivo.

Se recomienda el uso de bioestimulante de bambú aplicado cada 8 días, ya que presentó los mejores resultados en variables productivas y de calidad del grano.

Se recomienda la implementación de bioestimulantes en sistemas de producción de ajonjolí, debido a que incrementan la rentabilidad del cultivo, especialmente cuando se optimiza la frecuencia de aplicación.

Se recomienda realizar estudios complementarios que evalúen diferentes dosis, combinaciones de bioestimulantes y condiciones edafoclimáticas, con el fin de optimizar su uso en el cultivo de ajonjolí.

Se recomienda difundir el uso de bioestimulantes entre pequeños y medianos productores como una alternativa sostenible para mejorar la productividad y calidad del cultivo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Baltodano Mejía, C. R., & Díaz Zeledón, L. J. (2024). *Crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí en respuesta a dosis de bioestimulante, fertilización orgánica y fertilización sintética* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04b197.pdf>
- Banco Central de Nicaragua. (s. f.). Ajonjolí. https://www.bcn.gob.ni/system/files_force/documentos/Ajonjoli.pdf
- Boelt, B., & Shrestha, S. (2019). *Seed science and technology*. CABI.
- Chile Flores, N. R. (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.), San Luis Talpa, La Paz, El Salvador* [Tesis de grado, Universidad de El Salvador]. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/450089e9-284c-4254-b905-3e91c8ac10af>
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2012). *Principles of seed science and technology* (5th ed.). Springer.
- Corporación PBA. (s. f.). *Guía para el manejo integrado del cultivo de ajonjolí*. <https://www.corporacionpba.org/portal/sites/default/files/2019-09/GU%C3%8DA%20PARA%20EL%20MANEJO%20INTEGRADO%20DEL%20CULTIVO%20DE%20AJONJOLI%20version%20final%20def.pdf>
- HerbaZest. (2024). *Información nutricional del ajonjolí*. <https://www.herbazest.com/nutricion/ajonjoli>
- Manvert. (s. f.). *¿Qué son los bioestimulantes? Definición, tipos y beneficios*. <https://manvert.com/medios/que-son-bioestimulantes>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2025). *Sésamo*.
https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/sesamo_tcm30-102424.pdf

Ministerio de Economía Familiar Comunitaria, Cooperativa y Asociativa. (s. f.). *Cultivo de ajonjolí*.
<https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento7385383.pdf>

Montoya Bazán, J. L., Ardisana, E. F., Torres García, A., & Fosado Téllez, O. (2019). Crecimiento y rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) bajo la acción de dos bioles. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7407785.pdf>

Morales, C. G. (2017). *Uso de bioestimulantes*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
<https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/d297913c-4d80-47dd-84b0-3b17ea03dd0b/content>

NTON 11 019-06. (2006). *Norma técnica obligatoria nicaragüense para el ajonjolí natural (sin descortezar) y descortezado*. Ministerio de Fomento, Industria y Comercio.
https://www.delcampo.net.ni/file_bibli/ncal/NTON_11_019-06_ParaElAjonjoliNatural%28SinDescortezar-Descortezado%29.pdf

Pachón, F. (2007). Desarrollo rural: más que desarrollo agrícola. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 54 (1), 50–61.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407642324008>

Quintanilla Trigueros, J. L. (2013). Desarrollo rural en El Salvador: una deuda política y social. *Revista Realidad*, (137), 499–510.

9. ANEXOS

A-1: Insumos para elaborar bioestimulantes.



A-2: Elaboración de bioestimulantes.



A-3: Materiales, costos e insumos para elaborar 100 litros de foliar de mango enriquecido con sales minerales.

Materiales e insumos	Cantidades	Costo en USD
Barril plástico 120 litros	1 unidad	\$50.00
Pulpa de mango	2 cubetadas	\$0.00
Ceniza	10 libras	\$0.00
Microorganismos líquidos	1 cubetada	\$20.00

Agua sin cloro	--	\$0.00
Melaza	1 galón	\$2.00
Manguera	1 pedazo 0.50 cm longitud	\$0.50
Sulfato de manganeso	500 g	\$4.50
Sulfato magnesio	500 g	\$1.40
Sulfato de potasio	500 g	\$3.50
Sulfato zinc	500 g	\$2.80
Ácido bórico	500 g	\$3.75
Fosfato mono amónico	500 g	\$4.00
Empaque y conector	1 unidad	\$1.50
COSTO TOTAL		\$93.95

Fuente: FUNDESYRAM 2021.

A-4: Materiales, costos e insumos para elaborar 100 litros de foliar de bambú enriquecido con sales minerales.

Materiales e insumos	Cantidades	Costo en USD
Esquejes o brotes tiernos de bambú	5 unidades de 30 cm	\$0.00
Barril plástico 120 litros	1 unidad	\$50.00
Microorganismos líquidos	1 cubetada	\$20.00
Melaza	1 galón	\$2.00
Manguera	1 pedazo 0.50 cm longitud	\$0.50
Agua sin cloro	--	\$0.00
Sulfato de manganeso	500 g	\$4.50
Sulfato magnesio	500 g	\$1.40
Sulfato de potasio	500 g	\$3.50
Sulfato zinc	500 g	\$2.80
Ácido bórico	500 g	\$3.75
Fosfato mono amónico	500 g	\$4.00
Empaque y conector	1 unidad	\$1.50
COSTO TOTAL		\$93.95

Fuente: FUNDESYRAM 2021.

A-5: Establecimiento del cultivo de ajonjolí en Panga 3.



A-6: Raleo del cultivo a los 14 días después de siembra.



A-7: Cultivo de ajonjolí a los 14 días después de siembra.



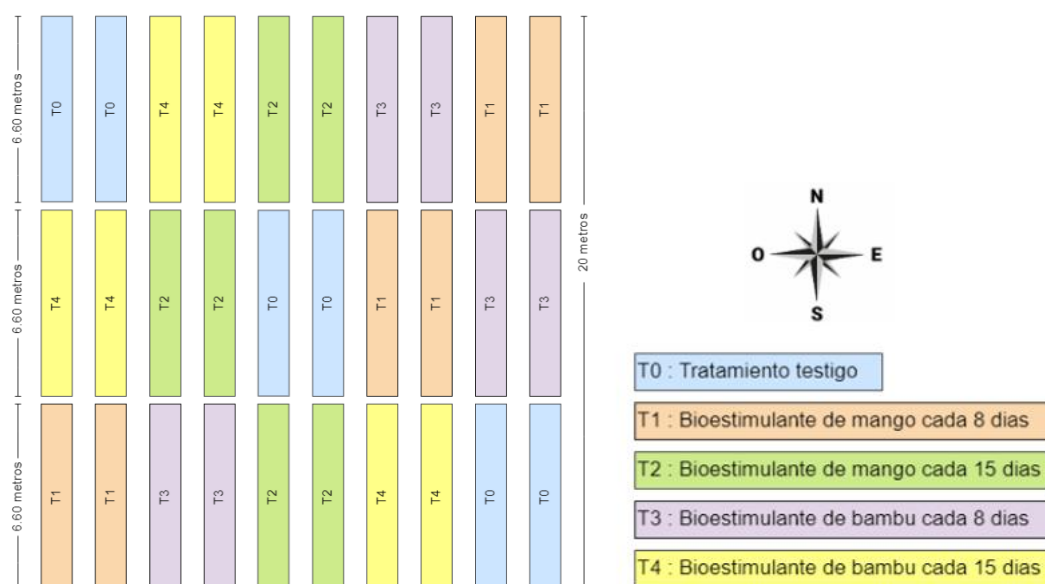
A-8: Programación de aplicaciones de bioestimulantes.

Fecha de aplicación	Tratamiento	Dosis bioestimulante	Dosis aplicación
31 marzo	1ra aplicación T1, T2, T3 y T4	0.20 Litros	2 litros
05 abril	2da aplicación T1 y T3	0.10 litros	1 litros
12 abril	2da aplicación T2 y T4, 3ra aplicación T1 y T3	0.20 Litros	2 litros
19 abril	4ta aplicación T1 y T3	0.10 litros	1 litros
26 abril	3ra aplicación T2 y T4	0.10 litros	2 litros

A-9: Aplicación de los bioestimulantes a los 23 días después de siembra.



A-10: Plano de campo de diseño experimental.



Fuente: Elaboración propia

A-11: Cuadro de toma de datos.

T ____	FECHA ____/____/____								
	ALTURA (CM)			# HOJAS			GROSOR EN DIAMETRO (MM)		
Planta	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Fuente: Elaboración propia

A-12: Primera toma de datos variable altura, diámetro de tallo y número de hojas a los 28 días después de siembra.



A-13: Segunda toma de datos de variables altura, diámetro tallo y número de hojas a los 35 días después de siembra.



A-14: Ultima aplicación de bioestimulantes a los 51 días después de siembra y tercera toma de datos de variables.



A-15: Cuarta toma de datos de variables a los 64 días después de siembra.



A-16: Cultivo a los 106 días después de siembra.



A-17: Ultima toma de datos de variables a los 106 días después de siembra.



A-18: Corte y secado a los 119 días después de siembra.



A-19: Aporreo a los 7 días después de corte.



A-20: Análisis de varianza para variable diámetro de tallo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Diametro (mm)	106 dds	150	0.41	0.39	6.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	150.10	6	25.02	16.73	<0.0001
Tratamiento	146.99	4	36.75	24.57	<0.0001
Repeticiones	3.11	2	1.56	1.04	0.3559
Error	213.88	143	1.50		
Total	363.98	149			

A-21: Prueba de Tukey para variable número de hojas por planta.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.09209

Error: 8.7912 gl: 143

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4	47.33	30	0.54	A
T0	45.93	30	0.54	A B
T2	45.30	30	0.54	A B
T3	44.53	30	0.54	B
T1	39.60	30	0.54	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

A-22: Análisis de la varianza para variable rendimiento por planta.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento por planta (gr..	150	0.54	0.52	12.53

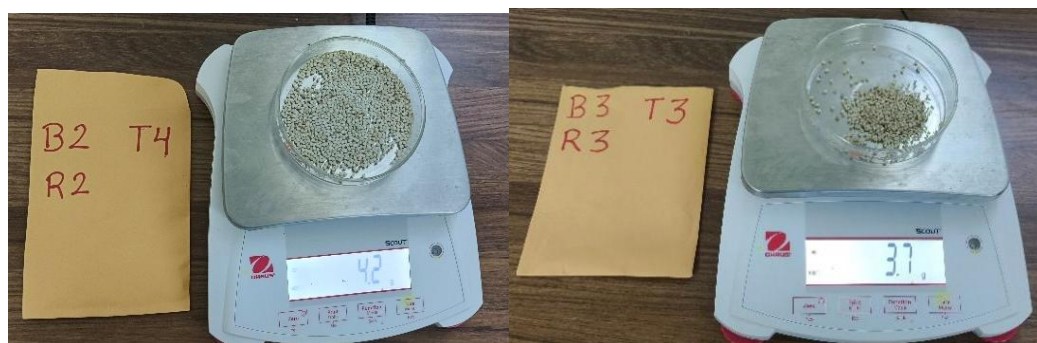
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	898.08	6	149.68	28.05	<0.0001
Tratamientos	893.23	4	223.31	41.85	<0.0001
Repeticiones	4.84	2	2.42	0.45	0.6361
Error	763.00	143	5.34		
Total	1661.08	149			

A-23: Conteo mil semillas.



A-24: Peso mil semillas.



A-25: Medición de ancho y largo de grano.



A-26: Presupuesto para cultivar una mz-ha de ajonjolí sin aplicar fertilizantes ni bioestimulantes.

Actividad	Cantidad en 20 m ²	Cantidad en 1 manzana	Cantidad en 1 hectárea	Precio unitario (dólares)	Precio total por 20 m ² (dólares)	Precio total por manzana (dólares)	Precio total por hectárea (dólares)
Herbicida Paraquat	0.0034 litro	1.21 litro	1.73 litro	\$6.00	\$0.020	\$7.26	\$10.38
Mano de obra para aplicar herbicida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Siembra	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
Raleo	4 d/p*	4 d/p*	4 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$40.00	\$40.00
Insecticida Connect	0.0014 litro	0.50 litro	0.71 litro	\$48.00	\$0.07	\$24.00	\$34.08
Mano de obra para aplicar insecticida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Fungicida Oxidor	0.0043 litro	1.51 litro	2.16 litro	\$40.00	\$0.17	\$60.4	\$86.4
Fungicida Prevalor	0.0043 litro	1.51 litro	2.16 litro	\$58.77	\$0.25	\$88.74	\$126.94
Mano de obra para aplicar fungicida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00

Corte	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
Aporreo	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
				SUB TOTAL	\$70.51	\$460.4	\$537.80
INGRESOS							
Venta de la producción	0.03 qq	11.70 qq	16.75 qq	\$80.00	\$2.40	\$936.00	\$1,340.00
				INGRESO NETO	\$-68.11	\$475.60	\$802.20

*d/p = día persona.

A-27: Presupuesto para cultivar una mz-ha de ajonjolí aplicando bioestimulante de mango con sales minerales cada 8 días.

Actividad	Cantidad en 20 m ²	Cantidad en 1 manzana	Cantidad en 1 hectárea	Precio unitario (dólares)	Precio total por 20 m ² (dólares)	Precio total por manzana (dólares)	Precio total por hectárea (dólares)
Herbicida Paraquat	0.0034 litro	1.21 litro	1.73 litro	\$6.00	\$0.020	\$7.26	\$10.38
Mano de obra para aplicar herbicida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Siembra	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
Raleo	4 d/p*	4 d/p*	4 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$40.00	\$40.00
Elaboración de bioestimulante	0.20 Litro	70 litros	100 litros	\$0.94	\$0.19	\$65.62	\$94.00
1ra aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
2da aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
3ra aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
4ta aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Insecticida Connect	0.0014 litro	0.50 litro	0.71 litro	\$48.00	\$0.07	\$24.00	\$34.08
Mano de obra para aplicar insecticida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Fungicida Oxidor	0.0043 litro	1.51 litro	2.16 litro	\$40.00	\$0.17	\$60.4	\$86.4

Fungicida Prevalor	0.0043 litro	1.51 litro	2.16 litro	\$58.77	\$0.25	\$88.74	\$126.94
Mano de obra para aplicar fungicida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Corte	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
Aporreo	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
				SUB TOTAL	\$110.70	\$606.02	\$711.80
INGRESOS							
Venta de la producción	0.046 qq	16.12 qq	23.03 qq	\$80.00	\$3.68	\$1,289.60	\$1,842.40
				INGRESO NETO	\$-107.02	\$683.58	\$1,130.60

*d/p = día persona.

A-28: Presupuesto para cultivar una mz-ha de ajonjolí aplicando bioestimulante de mango con sales minerales cada 15 días.

Actividad	Cantidad en 20 m ²	Cantidad en 1 manzana	Cantidad en 1 hectárea	Precio unitario (dólares)	Precio total por 20 m ² (dólares)	Precio total por manzana (dólares)	Precio total por hectárea (dólares)
Herbicida Paraquat	0.0034 litro	1.21 litro	1.73 litro	\$6.00	\$0.020	\$7.26	\$10.38
Mano de obra para aplicar herbicida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Siembra	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
Raleo	4 d/p*	4 d/p*	4 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$40.00	\$40.00
Elaboración de bioestimulante	0.20 Litro	70 litros	100 litros	\$0.94	\$0.19	\$65.62	\$94.00
1ra aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
2da aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
3ra aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Insecticida Connect	0.0014 litro	0.50 litro	0.71 litro	\$48.00	\$0.07	\$24.00	\$34.08
Mano de obra para aplicar insecticida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00

Fungicida Oxidor	0.0043 litro	1.51 litro	2.16 litro	\$40.00	\$0.17	\$60.4	\$86.4
Fungicida Prevalor	0.0043 litro	1.51 litro	2.16 litro	\$58.77	\$0.25	\$88.74	\$126.94
Mano de obra para aplicar fungicida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Corte	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
Aporreo	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
				SUB TOTAL	\$100.70	\$586.02	\$691.80
INGRESOS							
Venta de la producción	0.044 qq	15.50 qq	22.15 qq	\$80.00	\$3.52	\$1,240.00	\$1,772.00
				INGRESO NETO	\$-97.18	\$653.98	\$1,080.20

*d/p = día persona.

A-29: Presupuesto para cultivar una mz-ha de ajonjolí aplicando bioestimulante de bambú con sales minerales cada 8 días.

Actividad	Cantidad en 20 m ²	Cantidad en 1 manzana	Cantidad en 1 hectárea	Precio unitario (dólares)	Precio total por 20 m ² (dólares)	Precio total por manzana (dólares)	Precio total por hectárea (dólares)
Herbicida Paraquat	0.0034 litro	1.21 litro	1.73 litro	\$6.00	\$0.020	\$7.26	\$10.38
Mano de obra para aplicar herbicida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Siembra	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
Raleo	4 d/p*	4 d/p*	4 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$40.00	\$40.00
Elaboración de bioestimulante	0.20 Litro	70 litros	100 litros	\$0.94	\$0.19	\$65.62	\$94.00
1ra aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
2da aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
3ra aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
4ta aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00

Insecticida Connect	0.0014 litro	0.50 litro	0.71 litro	\$48.00	\$0.07	\$24.00	\$34.08
Mano de obra para aplicar insecticida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Fungicida Oxidor	0.0043 litro	1.51 litro	2.16 litro	\$40.00	\$0.17	\$60.4	\$86.4
Fungicida Prevalor	0.0043 litro	1.51 litro	2.16 litro	\$58.77	\$0.25	\$88.74	\$126.94
Mano de obra para aplicar fungicida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Corte	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
Aporreo	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
				SUB TOTAL	\$110.70	\$606.02	\$711.80
INGRESOS							
Venta de la producción	0.047 qq	16.59 qq	23.70 qq	\$80.00	\$3.76	\$1,327.2	\$1,896.00
				INGRESO NETO	\$-106.94	\$721.18	\$1,184.20

*d/p = día persona.

A-30: Presupuesto para cultivar una mz-ha de ajonjolí aplicando bioestimulante de bambú con sales minerales cada 15 días.

Actividad	Cantidad en 20 m ²	Cantidad en 1 manzana	Cantidad en 1 hectárea	Precio unitario (dólares)	Precio total por 20 m ² (dólares)	Precio total por manzana (dólares)	Precio total por hectárea (dólares)
Herbicida Paraquat	0.0034 litro	1.21 litro	1.73 litro	\$6.00	\$0.020	\$7.26	\$10.38
Mano de obra para aplicar herbicida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Siembra	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
Raleo	4 d/p*	4 d/p*	4 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$40.00	\$40.00
Elaboración de bioestimulante	0.20 Litro	70 litros	100 litros	\$0.94	\$0.19	\$65.62	\$94.00
1ra aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
2da aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00

3ra aplicación de bioestimulante	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Insecticida Connect	0.0014 litro	0.50 litro	0.71 litro	\$48.00	\$0.07	\$24.00	\$34.08
Mano de obra para aplicar insecticida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Fungicida Oxidor	0.0043 litro	1.51 litro	2.16 litro	\$40.00	\$0.17	\$60.4	\$86.4
Fungicida Prevalor	0.0043 litro	1.51 litro	2.16 litro	\$58.77	\$0.25	\$88.74	\$126.94
Mano de obra para aplicar fungicida	2 d/p*	2 d/p*	2 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$20.00	\$20.00
Corte	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
Aporreo	6 d/p*	6 d/p*	6 d/p*	\$10.00	\$10.00	\$60.00	\$60.00
				SUB TOTAL	\$100.70	\$586.02	\$691.80
INGRESOS							
Venta de la producción	0.044 qq	15.64 qq	22.35 qq	\$80.00	\$3.52	\$1,251.20	\$1,778.00
				INGRESO NETO	\$-97.18	\$665.18	\$1,086.20

*d/p = día persona.