

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCION DE INVESTIGACION**

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

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.

TÍTULO A OBTENER: Ingeniero Agrónomo

AUTORES.

Nombres, apellidos	Institución y Dirección	Teléfono y correo electrónico	Firma
Br. Nelson Ricardo Chile Flores.	Colonia La Santísima Trinidad, block G Norte, avenida Espíritu Santo, pasaje 1 No. 25.	7358-8130 chilern127@gmail.com	
Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural	7318-0554 efrain.rodriguez@ues.edu.sv	
Ing. Agr. Marvin Orlando Molina Escalante	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Estación Experimental y de Prácticas	7071-0112 marvinescalante1985@gmail.com	
Ing. Agr. Oscar Alonso Rodríguez Gracias	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia	7773-1325 oscar.gracias@ues.edu.sv	
Lic. M. Sc. Freddy Alexander Carranza Estrada	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola.	7860-3568 facekd@yahoo.es	

VISTO BUENO

Coordinadora General de Procesos de Graduación del Departamento de Desarrollo Rural: Ing. Agr. Ana Juana Elizabeth Valdés de Sánchez	Firma
Director General de Procesos de Graduación de la Facultad: Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García	Firma
Jefe del Departamento de Desarrollo Rural: Ing. Agr. Edgar Marroquín Mena	Firma
	Sello
Ciudad Universitaria, marzo 2022	

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCION DE INVESTIGACIÓN**

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

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.

AUTORES

Chile-Flores, NR¹; Rodríguez-Urrutia, EA²; Molina-Escalante, MO²; Rodríguez-Gracias OA²; Carranza-Estrada, FA².

RESUMEN

La investigación se realizó de julio 2020 a marzo 2021 en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar.

El objetivo fue evaluar el efecto 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.).

El ensayo fue establecido en un área de 1,152.48 m², en la cual se desarrollaron actividades para preparar el terreno, entre ellos, un paso de arado y dos pasos de rastra y, la construcción de camas de siembra de 1 m de ancho, 54 m de largo y 0.40 m de altura.

La siembra de la semilla de ajonjolí de la variedad "Estación UES" se hizo manualmente y por postura, teniendo un distanciamiento de 0.30 m entre postura y 1.20 m entre cama; y, el raleo se efectuó ocho días después de la siembra.

Los tratamientos evaluados fueron el testigo o tratamiento 0: no se aplicó nada; tratamiento 1: 56 kg/28 m² (20,000 kg/hectárea) de estiércol de ganado bovino; tratamiento 2: 0.50 kg/28 m² (180 kg/ha) de fórmula 15-15-15; tratamiento 3: 0.72 kg/28 m² (259.42 kg/ha) de fórmula 15-15-15; tratamiento 4: 0.84 kg/28 m² (300 kg/ha) de fórmula 15-15-15; tratamiento 5: 1.26 kg/28 m² (450 kg/ha) de fórmula 15-15-15; y el tratamiento 6: 1.40 kg/28 m² (500 kg/ha) de fórmula 15-15-15. Todos los tratamientos se aplicaron en dos momentos: el 50% se aplicó a los 10 días después de la siembra y a los 30 días después de la siembra se aplicó el otro 50%.

La toma de datos en campo se realizó cada 15 días. Con el tratamiento 3 se obtuvo el mayor rendimiento de la semilla de ajonjolí con un promedio de 4.09 kg/28 m² y el mayor ingreso económico neto con \$430.84 dólares por hectárea; el mayor contenido de proteína cruda se obtuvo con el tratamiento 2 con 24.90%; y el mayor contenido de extracto etéreo se obtuvo con el tratamiento 4 con 47.31%.

Palabras Clave: Ajonjolí, cultivo, *Sesamum indicum* L., proteína, extracto etéreo, semillas, cápsulas, fertilizante orgánico.

¹ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural, Estudiante Tesista.

² Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Estación Experimental y de Prácticas, Docente Director. (503) 7318-0554. efrain.rodriquez@ues.edu.sv

²Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Estación Experimental y de Prácticas, Coordinador de proyectos. Docente Director.

²Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Docente Director.

²Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola, Docente Director.

ABSTRACT

The research was carried out from July 2020 to March 2021 at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, located in the Tecualuya canton, municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, El Salvador, at a height of 50 meters above sea level.

The objective was to evaluate the effect of five doses of a chemical fertilizer and one dose of organic fertilizer on the development and yield of the sesame (*Sesamum indicum* L.) crop.

The trial was established in an area of 1,152.48 m², the activities that were carried out to prepare the land were a plowing step, two harrowing steps and the construction of seed beds of 1 m wide, 54 m long and 0.40 m Tall.

The sesame seed of the "Estación UES" variety was sown manually, by position, with a distance of 0.30 m between position and 1.20 m between beds; thinning was carried out eight days after sowing.

The treatments that were evaluated were the control or treatment 0: nothing was applied; treatment 1: 56 kg / 28 m² (20,000 kg / hectare) of cattle manure; treatment 2: 0.50 kg / 28 m² (180 kg / ha) of formula 15-15-15; treatment 3: 0.72 kg / 28 m² (259.42 kg / ha) of formula 15-15-15; treatment 4: 0.84 kg / 28 m² (300 kg / ha) of formula 15-15-15; treatment 5: 1.26 kg / 28 m² (450 kg / ha) of formula 15-15-15; and treatment 6: 1.40 kg / 28 m² (500 kg / ha) of formula 15-15-15, which were applied in two moments: 50% was applied 10 days after sowing and 30 days after sowing was applied the other 50%.

Data collection in the field was carried out every 15 days. With treatment 3 the highest yield of sesame seed was obtained with an average of 4.09 kg / 28 m² and the highest net economic income with \$ 430.84 dollars; the highest crude protein content was obtained with treatment 2 with 24.90%; and the highest content of ether extract was obtained with treatment 4 with 47.31%.

Key words: Sesame, crop, *Sesamum indicum* L., protein, ethereal extract, seeds, capsules, organic fertilizer.

1. INTRODUCCION

El cultivo de ajonjolí o sésamo (*Sesamum indicum* L.) es originario de Etiopía (África), se expandió a India, China y Japón. Se caracteriza por ser una planta herbácea, sus hojas son verdes y las flores blancas o rosas, su tronco erguido produce cápsulas con numerosas semillas lisas, es un cultivo anual, el ciclo puede variar entre 90–130 días dependiendo de la variedad y las condiciones ecológicas, la producción promedio es entre 12- 14 quintales por manzana (779.22 a 909.09 kg/ha), se adapta desde cero hasta los 600 metros sobre el nivel del mar, soporta temperaturas que fluctúan entre 20° y 35° C, requiere precipitaciones pluviales entre 400 y 900 milímetros (mm) (Cervantes 2012).

Es un cultivo poco exigente de nutrientes, se desarrolla en una gran variedad de suelos, pero los más aptos son de texturas ligeras como franco, franco arenoso y franco arcilloso, su pH es de 5.5 a 7. Posee un alto valor nutricional siendo el aceite de mejor calidad dentro de los oleíferos (Cervantes 2012).

El Salvador a nivel centroamericano ocupa el segundo lugar como productor de ajonjolí, localizándose las áreas de siembra en la zona baja y media en los departamentos de Ahuachapán, La Libertad, La Paz, San Vicente y Usulután. Estas plantas no presentan problemas serios de plagas y enfermedades, ya que lo que se exporta es la semilla seca o procesada. El ajonjolí es un producto con potencial, pues Estados Unidos presenta una demanda significativa por este grano (Navarrete 2008).

La fertilización es una de las actividades necesarias de cualquier cultivo, y para el caso del ajonjolí, esta determina la fuente para el desarrollo y la producción, ya sea en forma orgánica o química, siempre que vaya acorde a los requerimientos nutricionales del cultivo y a la cantidad de elementos disponibles en el suelo.

Bolívar (1999) evaluó dos materiales genéticos de ajonjolí y los resultados que obtuvo indican que los suelos con materia orgánica menor al 0.5% responden a la fertilización nitrogenada; menciona también que el ajonjolí es un extractor de nutrientes del suelo, ya que aproximadamente el 70% de nitrógeno, fósforo y potasio son retirados en la cosecha, donde menos del 10% que es absorbido retorna al suelo con los residuos.

Según el MAG (1991), generalmente toda la aplicación del fertilizante se hace a la siembra. En algunas regiones puede aplicarse de 10 a 60 kg/ha de nitrógeno y de 30 a 40 kg/ha de fósforo. Sin embargo, cuando el suelo tiene muy bajo contenido de nitrógeno o de materia orgánica, una aplicación adicional de 25 kg/ha de fertilizante nitrogenado es recomendable.

Calero (1972) recomienda la variedad "Portoviejo 1" para aumentar el rendimiento en el cultivo de ajonjolí y menciona que al aplicar entre 4 a 6 quintales por hectárea (400 a 600 kg/ha) de urea inmediatamente después del raleo, se puede obtener un alto rendimiento y contenido de aceite en el cultivo de ajonjolí, y si el suelo presenta deficiencias en fósforo y potasio es necesario agregar dichos elementos. Esto se debe basar en un análisis de laboratorio.

Ruíz (1998) afirma que lo ideal es realizar un análisis físico-químico del suelo, de lo contrario se recomienda de manera general aplicar 1,5- 2 qq/mz (97.28– 129.71 kg/ha) de la fórmula 18-40-0 o 15-20-0 al momento de la siembra y 2 qq (129.71 kg) de urea 46% a los 35 días después de haber emergido o al inicio de la floración. La primera fertilización puede ser dividida en dos tiempos, una al momento de la siembra y la otra a los 20- 25 días después de la siembra al momento del raleo.

De manera general se recomiendan 2 quintales (90.90 kg) de la fórmula 18-46-0 o de la fórmula 15-20-0 al momento de la siembra y 3 quintales (136.36 kg) de urea en dos momentos, 1.5 quintales a los 15- 20 días después de la siembra o bien después del raleo y antes del aporco, y 1.5 quintales a los 30- 35 días después de la siembra antes del inicio de la floración (CENIDA 2009).

Queiroga *et. al.* (2018) afirma que el factor limitante para la obtención de altos rendimientos de ajonjolí es la disponibilidad de nitrógeno y fosforo; por lo tanto, la deficiencia de estos elementos en el suelo se puede compensar por el uso de fertilizantes orgánicos y con la aplicación de roca fosfórica o harina de hueso, antes de preparar el terreno. Para la recuperación de la materia orgánica en suelos pobres se recomienda utilizar 20 toneladas de estiércol de ganado por hectárea (20,000 kg/ha).

Es por eso que esta investigación tuvo como propósito determinar cuál de las dosis de fertilizante químico y orgánico producen los mejores resultados en el desarrollo y rendimiento del cultivo de ajonjolí, ya que en el país no hay información suficiente al respecto.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Ubicación del estudio

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya,

municipio de San Luís Talpa, departamento de La Paz, El Salvador, a una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte y 89°05'8" Longitud Oeste.

Según Aguirre (2009), los suelos donde se realizó la investigación tienen un pH de 6.2, el contenido de materia orgánica es del 2% y son aluviales con características franco arenoso.

2.2. Metodología de campo

La investigación se inició tomando una muestra de suelo del terreno donde se estableció el cultivo, específicamente en la Panga 1 del lote La Bomba, luego fue llevado a laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador para su análisis.

2.2.1. Recolección de la muestra de estiércol bovino

En uno de los dormitorios del ganado vacuno se acumuló estiércol, del cual se extrajeron al azar 3 submuestras hasta formar una muestra de 453.592 gr, la cual fue identificada con una viñeta que se analizó en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Los análisis que se hicieron fueron: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, sodio y pH.

2.2.2. Preparación del terreno, delimitación de la parcela y siembra

Para preparar el terreno se utilizó maquinaria agrícola, realizando las siguientes prácticas: un paso de arado, dos pasos de rastra y un paso de la encamadora para la formación de las camas de siembra con un distanciamiento entre cama de 1 m. La siembra de la semilla de ajonjolí de la variedad "Estación UES" se realizó el día 13 de octubre de 2020.

2.2.3. Aplicación de los fertilizantes

Los fertilizantes fórmula 15-15-15 y estiércol de ganado bovino fueron pesados en balanza analítica en la Planta de Procesamiento de Alimentos de la Estación Experimental y de Prácticas. La dosis total de cada fertilizante en cada tratamiento se dividió en dos aplicaciones: el 50% se aplicó a los 10 días después de la siembra y el otro 50% se aplicó a los 30 días después de la siembra. Además, cada dosis se dividió en tres partes, ya que cada tratamiento estaba distribuido en tres camas.

2.2.4. Actividades culturales

El primer control de malezas se realizó de forma manual una semana después de haber sembrado la semilla; el segundo control de malezas se hizo con el herbicida Paraquat en dosis de 100 cc/ bomba de 17 litros de agua un mes después de haber germinado la semilla, y el tercer control de malezas se realizó con el mismo producto y dosis a los 2 meses después de haber germinado la semilla.

Para el control de insectos masticadores y chupadores se utilizó insecticida sistémico con mezcla de poderosos activos (beta-cyfluthrin + imidacloprid) en dosis de 25 cc/ bomba de 17 litros de agua, del cual se hicieron 3 aplicaciones a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.

Para prevenir el ataque de *Phytophthora spp* y *Fusarium spp* que causan el mal del talluelo se utilizó una mezcla de concentraciones solubles de fosfonado + carbamato en dosis de 50 ml cada uno por bomba de mochila de 17 litros de agua, ésta se aplicó cada 8 días durante un mes, luego de este periodo se aplicó cada 15 días y se finalizó cuando se presentó la floración en el cultivo.

2.2.5. Toma de datos

La primera toma de datos se realizó el 28 de octubre de 2020, 15 días después de la siembra, y las siguientes tomas de datos se hicieron cada 15 días hasta el 17 de diciembre de 2020, para lo cual se utilizaron: pie de rey, cinta métrica, libreta de campo, lapicero y balanza analítica.

La toma de datos del número de ramas y cápsulas por planta se realizó los días 6 y 7 de enero de 2021, haciendo un recuento en cada planta evaluada. El número de semillas por cápsula se hizo contabilizando el número de semillas en 25 cápsulas, se obtuvo un promedio y luego se multiplica por el número de cápsulas que presentaba cada planta. Los datos de rendimiento fueron tomados el 29 de enero de 2021.

2.2.6. Cosecha

La cosecha se realizó el 13 de enero de 2021, fecha en la cual las plantas presentaron los siguientes signos: tallo de color amarillo; hojas de color amarillo en el tercio inferior de la planta; cápsulas inferiores y centrales de color café; y el inicio de la dehiscencia de los frutos. Solamente se cosecharon las plantas que fueron seleccionadas y evaluadas desde el inicio de la investigación. Al momento de la cosecha y para evitar confusiones, cada planta y los manojos de plantas se identificaron con un código que correspondía al tratamiento y al bloque. La formación de manojos consistió en cortar las plantas y juntarlas en grupos pequeños para que en estos no se formen hongos; luego se emparvaron dentro de sacos con la parte apical del tallo hacia arriba a fin de evitar que se abrieran las cápsulas y se perdiera semilla, etapa que duró aproximadamente de 4 a 5 días.

Durante ese periodo los rastrojos se pusieron a secar bajo sombra, se aporreo cada una de las parvas sobre un plástico para evitar pérdida de la semilla, posteriormente se recolectó y limpió la semilla. El proceso finalizó cuando se puso a secar la semilla, el cual tuvo como objetivo reducir la humedad y alargar la vida cuando esta se almacena.

2.2.7. Muestra de granos para análisis bromatológico

Según Vaca *et. al* (2001), la limpieza de la semilla ayuda a seleccionar las de mejor calidad por medio de una zaranda fina. La muestra que se lleva al laboratorio debe ir en una bolsa de papel identificada con su respectiva viñeta y aproximadamente con 453.592 del grano.

Las muestras de grano de 453.592 gr cada una se llevó al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Cada muestra se formó con la mezcla de los granos de las 3 repeticiones que se evaluaron en los 3 bloques de los 7 tratamientos, en total fueron 7 muestras.

2.3. Metodología de laboratorio

2.3.1. Análisis bromatológico de la semilla de ajonjolí (análisis proximal)

El sistema proximal, también llamado Análisis Proximal de Wendee, es el análisis más utilizado en la caracterización nutricional de alimentos en los laboratorios agrícolas del mundo. Este análisis fracciona los alimentos en seis componentes, cada uno de ellos agrupa varios nutrientes que tienen propiedades comunes. Estos análisis son: humedad, cenizas, proteína cruda, grasa o extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (carbohidratos).

2.3.2. Metodología para análisis del estiércol de vaca

El procedimiento de análisis del estiércol de vaca realizado en el laboratorio es el mismo para el análisis bromatológico que se realiza a un grano o a una planta, debido al contenido de este

y a la alimentación de las vacas, haciendo énfasis al momento de los análisis que se trata de una muestra de estiércol de vaca, para evitar equivocaciones.

2.4. Metodología estadística

2.4.1. Material experimental

El material que se utilizó en la investigación fue semilla criolla de ajonjolí de la variedad “Estación-UES” de quinta generación (F5), la cual fue proporcionada por la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

2.4.2. Diseño estadístico

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), también conocido como Diseño de Dos Vías. Las plantas de ajonjolí fueron afectadas por el factor fijo manipulado, también denominado tratamientos, específicamente las 5 dosis de un fertilizante químico, una dosis de un fertilizante orgánico y un testigo absoluto, además, por un factor fijo controlado que representa el bloqueo, esto debido a que cada suelo tiene cierta heterogeneidad, aunque no se conozca a detalle.

Cada bloque tenía un área de 87.2 m², conteniendo las dosis de fertilizantes, las cuales se asignaron en forma aleatoria. El área que se utilizó por cada tratamiento en estudio fue de 28 m². Se establecieron 3 bloques con el propósito de mejorar la precisión del experimento y disminuir el error experimental a su mínima expresión.

2.4.3. Tratamientos

Los tratamientos que se evaluaron en la investigación fueron 5 dosis de un fertilizante químico fórmula 15-15-15, una dosis de un fertilizante orgánico de estiércol de bovino y un testigo absoluto al que no se le aplicó nada.

Cuadro 1. Tratamientos que se evaluaron en la investigación.

Tratamiento	Dosis
Testigo absoluto o Tratamiento 0 (T0)	Sin estímulo, no se aplicó nada.
Tratamiento 1 (T1) Testigo relativo	Estiércol de ganado bovino, fertilizante orgánico, en dosis de 56 kg/28 m ² (20,000 kg/hectárea) (Quieroga <i>et. al</i> 2018).
Tratamiento 2 (T2)	Fórmula 15-15-15 en dosis de 0.50 kg/28 m ² (180 kg/ha).
Tratamiento 3 (T3)	Fórmula 15-15-15 en dosis de 0.72 kg/28 m ² (259.42 kg/ha) (Ruiz 1998).
Tratamiento 4 (T4)	Fórmula 15-15-15 en dosis de 0.84 kg/28 m ² (300 kg/ha) (CENIDA 2009).
Tratamiento 5 (T5)	Fórmula 15-15-15 en dosis de 1.26 kg/28 m ² (450 kg/ha) (Vaca 2001).
Tratamiento 6 (T6)	Fórmula 15-15-15 en dosis de 1.40 kg/28 m ² (500 kg/ha) (Calero 1972).

2.4.4. Tamaño de la muestra y distribución espacial de los tratamientos

El tamaño de la muestra fueron 20 plantas de ajonjolí por tratamiento, seleccionadas de la parte central en cada parcela, evitando los efectos de bordes, de tal manera que se disponía

de 20 datos por cada característica o variable que se evaluó dentro de los respectivos bloques, con el propósito de eliminar la influencia individual de cada planta sobre el resultado total, garantizando obtener resultados representativos en la investigación.

La investigación tenía 3 bloques en un área total de 1,152.48 m², con 68.6 m de largo por 16.8 m de ancho, un distanciamiento entre bloques de 3 m y entre parcela de 1.6 m. Cada unidad experimental tenía 7 m de largo por 4 m de ancho, y un área de 28 m²; a los costados tenía un distanciamiento de 0.8 m hacia adentro de los límites de la parcela.

En total fueron 7 parcelas por bloque y un total de 21 unidades experimentales. En cada unidad experimental se establecieron 5 surcos, distanciados a 80 cm entre surcos y a 20 cm entre plantas, teniendo un total de 94 plantas por tratamiento.

Cada unidad experimental se identificó con un número, por ejemplo: el código 101 significa que el primer dígito corresponde al bloque 1 (BI), los otros dos números que le acompañan corresponden a la unidad experimental o parcela (01). Los tratamientos que se aplicaron se identificaron de la siguiente manera: (T₃), corresponde al tratamiento 3.

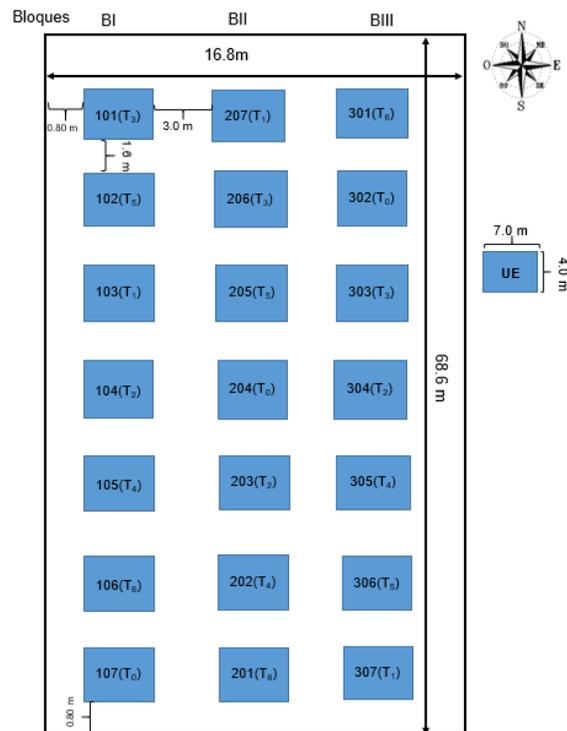


Figura 1. Diseño de bloques completamente al azar de la investigación.

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Diámetro del tallo basal, medio y apical: Se midió con un “Pie de rey” (milímetros).
- Altura de la planta: Se utilizó cinta métrica para tomar la medida desde la base hasta la parte apical del tallo (centímetros).
- Número de ramas por planta: Se contó el número de ramas que se han desarrollado al momento de cada toma de datos.
- Número de cápsulas por planta: Se contó el número total de cápsulas formadas en toda la planta.

- Peso de 1,000 semillas/ planta: Se pesaron 1,000 semillas en una báscula analítica (gramos).
- Rendimiento por planta: Se pesó la cantidad total de semilla producida por planta (kg/28 m²).

2.4.5. Análisis descriptivo e inferencial

Para la organización, procesamiento y análisis estadístico de los datos sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo se utilizaron métodos descriptivos univariados como representaciones gráficas, medidas de tendencia central y medidas de dispersión. A todas las variables cuantitativas se les aplicó análisis bivariado como la correlación de Pearson y el método multivariante de análisis por componentes principales.

En el caso de las variables número de cápsulas por planta y rendimiento del cultivo se les aplicó métodos inferenciales como el Análisis de Varianza (ANVA), específicamente un Diseño de Bloques Completos al Azar, con 7 bloques, 7 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento. Previo a la aplicación del diseño experimental se verificó que los datos cumplan con los supuestos del análisis de varianza: distribución normal y homogeneidad de varianzas (Rodríguez 2020).

2.5. Metodología económica

Se realizó un presupuesto parcial en donde se incluyeron los insumos y la mano de obra que se requirió para un área de 28 m², una manzana (7,000 m²) y una hectárea (10,000 m²), al final se obtuvo un sub total que se restó a los ingresos, para obtener el ingreso neto por tratamiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Altura de las plantas

Según los resultados obtenidos en esta investigación, la mayor altura de las plantas de ajonjolí se obtuvo con el testigo o tratamiento 0 (no se aplicó nada) con 165.68 cm y la menor altura fue con el tratamiento 1 (se aplicó estiércol de bovino en dosis de 56 kg/28 m² (20,000 kg/ha)) con 156.27 cm.

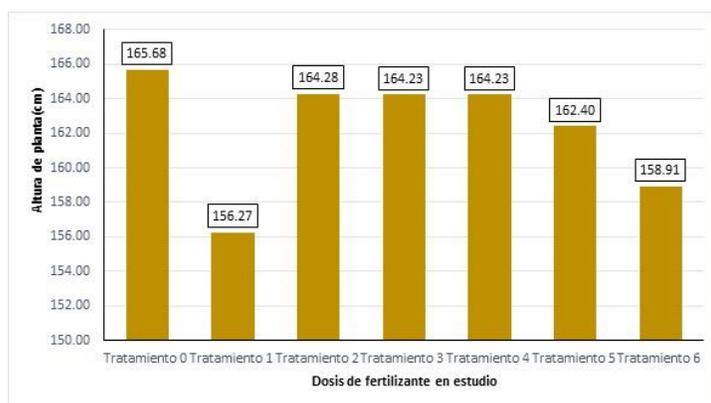


Figura 2. Altura de las plantas de ajonjolí.

De acuerdo con Montoya *et al.* (2019), en el estudio sobre el crecimiento y rendimiento del ajonjolí bajo la acción de dos bioles, las variables del crecimiento (altura de carga y altura de la planta) no fueron influidas por ninguno de los tratamientos experimentales ensayados, entre ellos la no fertilización.

Al realizar el análisis de varianza de la variable altura de plantas no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los muestreos.

3.2. Diámetro de tallo basal

El mayor diámetro del tallo basal de las plantas de ajonjolí se obtuvo con el tratamiento 5 (se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis de 1.26 kg/28 m² (450 kg/ha)) con 18.96 mm; y el menor diámetro fue con el testigo o tratamiento 0 (no se aplicó nada) con 15.08 mm.

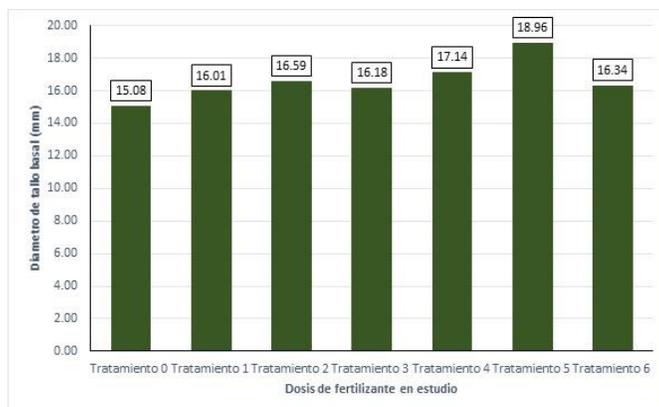


Figura 3. Diámetro de tallo basal de las plantas de ajonjolí

Los datos anteriores concuerdan con los resultados obtenidos por Montoya *et al.* (2019), quienes reportan que después de la aplicación de dos bioles, fertilizantes químicos y de un testigo, el mejor resultado en el desarrollo de las plantas de ajonjolí se obtuvo con los fertilizantes químicos.

Al realizar el análisis de varianza de la variable diámetro del tallo basal no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los muestreos.

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson se encontró correlación altamente significativa entre las variables altura de las plantas y diámetro del tallo basal, con un coeficiente de correlación de $R = 0.62$.

3.3. Número de ramas por planta

El mayor número de ramas por planta en el cultivo de ajonjolí se obtuvo con el tratamiento 1 (se aplicó estiércol de bovino en dosis de 56 kg/28 m² (20,000 kg/ha)) con 4.58 ramas/planta; y el menor fue con el testigo o tratamiento 0 (no se aplicó nada) con 3.82 ramas/planta.

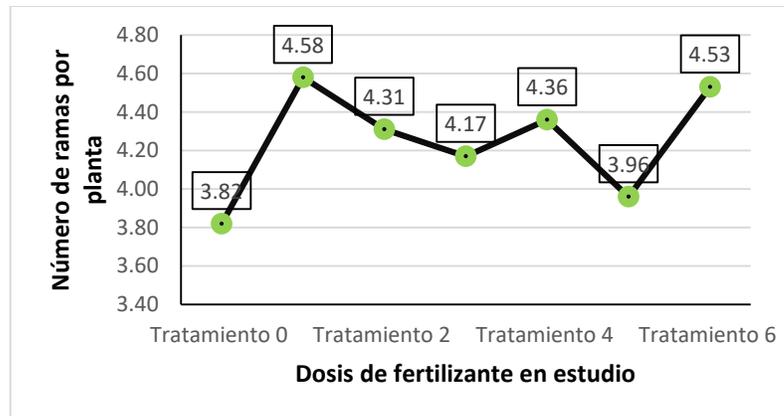


Figura 4. Número de ramas por planta en el cultivo de ajonjolí

Indu y Savithri citados por Montoya *et al.* (2019), mencionan que con la aplicación de bioles y fertilizantes químicos en el rendimiento de sésamo, la dosis de 30 kg.ha⁻¹ de nitrógeno inorgánico produjo plantas más altas con mayor número de ramas y contenido de materia seca.

Al realizar el análisis de varianza de la variable número de ramas por planta no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

3.4. Número de cápsulas por planta

El mayor número de cápsulas por planta se obtuvo con el tratamiento 6 (se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis de 1.40 kg/28 m² (500 kg/ha)) con un promedio de 191.19 cápsulas/planta; y el menor fue con el testigo o tratamiento 0 (no se aplicó nada) con un promedio de 166.56 cápsulas/planta.

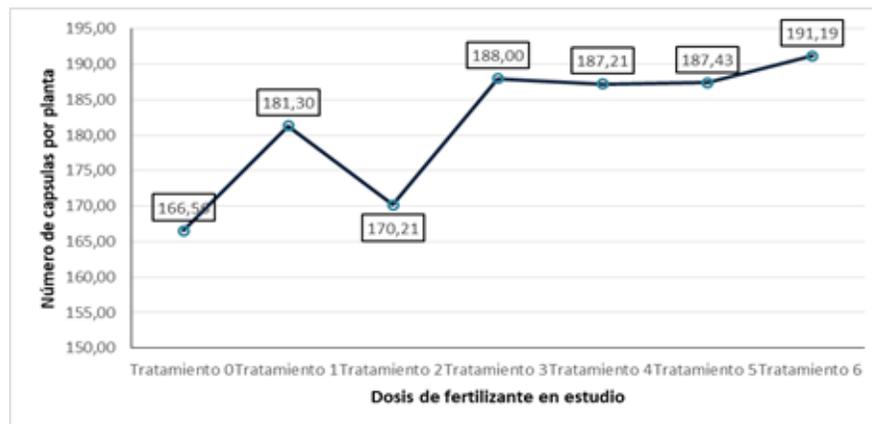


Figura 5. Número de cápsulas por planta de ajonjolí

Centeno y Poveda (2010) 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.

Cuando se realizó el análisis de varianza de la variable número de cápsulas por planta por cada tratamiento no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson se encontró correlación altamente significativa entre las variables diámetro del tallo basal y número de cápsulas por planta con un coeficiente de correlación de $R = 0.63$, y entre las variables número de cápsulas por planta y número de semillas por planta con $R = 1$.

3.5. Número de semillas por planta

El mayor número de semillas por planta se obtuvo con el tratamiento 6 (se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis de $1.40 \text{ kg}/28 \text{ m}^2$ ($500 \text{ kg}/\text{ha}$)) con un promedio de $13,750.61$ semillas/planta; y el menor fue con el testigo o tratamiento 0 (no se aplicó nada) con un promedio de $11,978.94$ semillas/planta.

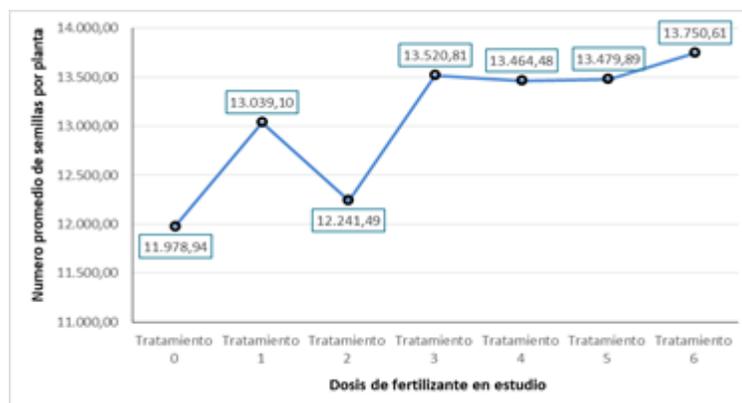


Figura 6. Número de semillas por planta de ajonjolí.

Indu y Savithri citados por Montoya *et al.* (2019), en una investigación sobre aplicación de bioles y fertilizantes químicos en el rendimiento de sésamo, mencionan que el mejor crecimiento vegetativo de las plantas se obtuvo cuando aplicaron fertilizantes que contenían nitrógeno, el cual permitía 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.

Cuando se realizó el análisis de varianza de la variable número de semillas por planta por cada tratamiento no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson se encontró correlación altamente significativa entre las variables diámetro del tallo basal y el número de semillas por planta, con un coeficiente de correlación de $R = 0.63$.

3.6. Rendimiento en quintales por hectárea

El mayor rendimiento de la semilla de ajonjolí se obtuvo con el tratamiento 3 (se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis de $0.72 \text{ kg}/28 \text{ m}^2$ ($259.42 \text{ kg}/\text{ha}$)) con un promedio de $4.09 \text{ kg}/28 \text{ m}^2$; y el menor fue con el testigo o tratamiento 0 (no se aplicó nada) con un promedio de $3 \text{ kg}/28 \text{ m}^2$.

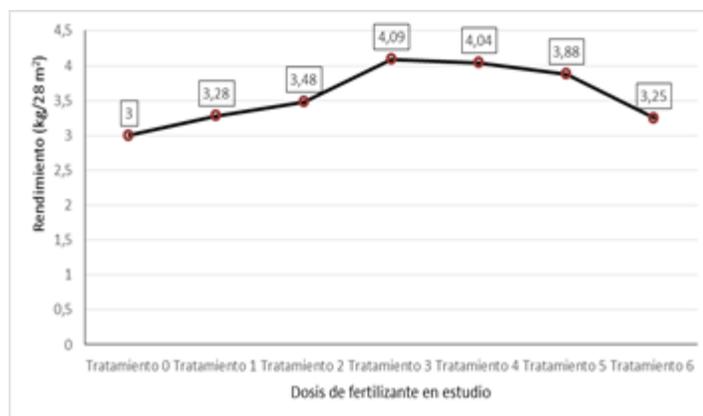


Figura 7. Rendimiento en el cultivo de ajonjolí.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Montoya *et al.* (2019), quienes, en un estudio sobre el crecimiento y rendimiento del ajonjolí bajo la acción de dos bioles y fertilizantes químicos, afirman que los fertilizantes químicos, específicamente el aporte de nitrógeno y fósforo, tienen influencia significativa en el rendimiento.

Centeno y Poveda (2010) dicen que los rendimientos promedio obtenidos con la aplicación de fertilizantes químicos sobrepasó el rendimiento de los fertilizantes orgánicos.

Cuando se realizó el análisis de varianza de la variable del rendimiento de la cosecha de ajonjolí por cada tratamiento no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

Al aplicar el análisis de correlación de Pearson se encontró correlación altamente significativa entre las variables rendimiento y diámetro del tallo basal con un coeficiente de correlación $R = 0.63$, y con las variables número de cápsulas por planta y rendimiento con un valor de $R = 1$.

3.7. Análisis bromatológico de las semillas de ajonjolí

3.7.1. Análisis por componentes principales

De acuerdo con la aplicación del método multivariante “Análisis por Componentes Principales”, los primeros dos componentes explicaron el 68% de la varianza total de las cinco dosis de fertilizante químico y una de fertilizante orgánico en el desarrollo y rendimiento del cultivo de ajonjolí, siendo altamente confiable y representativo trabajar con dos componentes.

El componente 1 representa el 47% de la variación total y las variables que mejor contribuyen a su variación son el fósforo, calcio, magnesio, ceniza, carbohidratos, potasio y fibra cruda. El componente 2 presenta el 21% de la varianza total y las variables que más aportan a su variación son la humedad total, ceniza y carbohidratos.

De los tratamientos en estudio, el testigo absoluto (no se aplicó nada) y el testigo relativo (se aplicó fertilizante orgánico) manifestaron el mejor comportamiento en las variables del componente 1. El tratamiento T0, T2 y T3 presentaron el mejor porcentaje de humedad total, ceniza, proteína cruda y hierro. Los tratamientos T4, T5 y T6 expresaron el mejor comportamiento en las variables materia seca y extracto etéreo (figura 8).

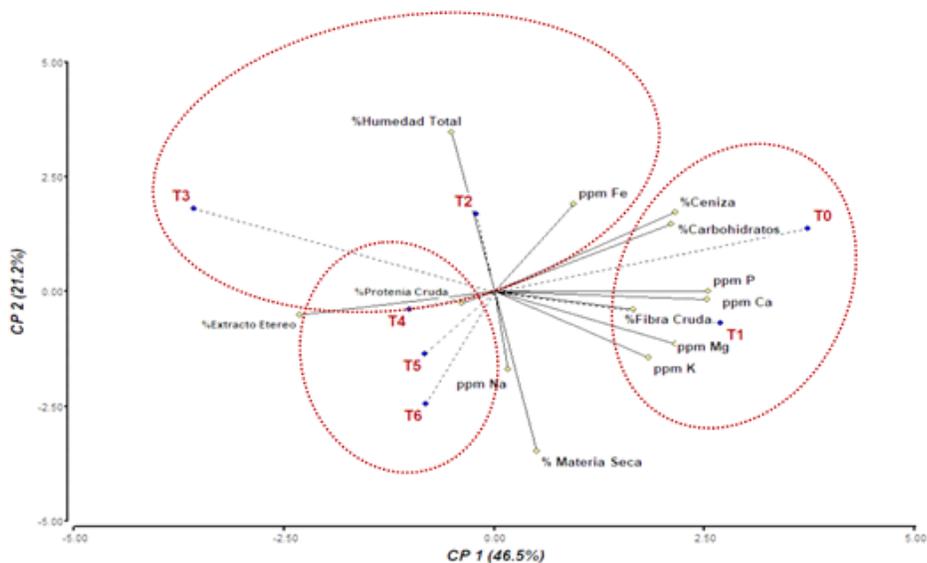


Figura 8. Comportamiento de los componentes principales del análisis bromatológico de la semilla de ajonjolí.

3.8. Costos beneficios de los fertilizantes aplicados en el rendimiento del ajonjolí

El mayor ingreso económico neto se obtuvo con el tratamiento 3 (se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis 0.72 kg/28 m²) con \$430.84 dólares; y el menor fue con el tratamiento 6 (se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis 1.40 kg/28 m²) con \$125.84 dólares (cuadro 1).

Cuadro 1. Ingreso neto por manzana y por hectárea.

Tratamiento	Dosis y tipo de fertilizante	Ingreso neto por manzana (dólares)	Ingreso neto por hectárea (dólares)
Testigo absoluto o Tratamiento 0 (T0)	Sin estímulo, no se aplicó nada.	\$217.10	\$334.44
Tratamiento 1 (T1) Testigo relativo	Estiércol de ganado bovino, fertilizante orgánico, en dosis de 56 kg/28 m ² (20,000 kg/ha).	\$84.10	\$144.44
Tratamiento 2 (T2)	Fórmula 15-15-15 en dosis de 0.50 kg/28 m ² (180 kg/ha).	\$214.60	\$335.68
Tratamiento 3 (T3)	Fórmula 15-15-15 en dosis de 0.72 kg/28 m ² (259.42 kg/ha).	\$278.3	\$430.84
Tratamiento 4 (T4)	Fórmula 15-15-15 en dosis de 0.84 kg/28 m ² (300 kg/ha).	\$256.1	\$395.04
Tratamiento 5 (T5)	Fórmula 15-15-15 en dosis de 1.26 kg/28 m ² (450 kg/ha).	\$177.6	\$285.85
Tratamiento 6 (T6)	Fórmula 15-15-15 en dosis de 1.40 kg/28 m ² (500 kg/ha).	\$67.30	\$125.84

4. CONCLUSIONES

El mayor número de cápsulas por planta (191.19 cápsulas) y de semillas por planta (13,750.61 semillas) se obtuvo con el tratamiento 6, en el cual se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis de 1.40 kg/28 m² (500 kg/ha).

Con el tratamiento 3 (fórmula 15-15-15 en dosis de 0.72 kg/28 m² (259.42 kg/ha)) se obtuvo el mayor rendimiento de la semilla de ajonjolí con un promedio de 4.09 kg/28 m² y el ingreso económico neto más alto con \$430.84 dólares por hectárea.

El mayor contenido de calcio 11,220.52 ppm (1,121.80 mg/100 g) y magnesio 3,083.70 ppm (308.37 mg/100 g) en la semilla de ajonjolí se obtuvo con el tratamiento 1 en el que se aplicó estiércol de ganado bovino en dosis de 56 kg/28 m² (20,000 kg/ha).

El mayor contenido de potasio 65.58 ppm (6.55 mg/100 g), fósforo 62,346.68 ppm, carbohidratos 9.61% y ceniza 5.67% en la semilla de ajonjolí se obtuvo con el testigo o tratamiento 0 donde no se aplicó ningún fertilizante.

El mayor contenido de proteína cruda 24.90% y de hierro 158.36 ppm (15.83 mg/100 g) en la semilla de ajonjolí se obtuvo con el tratamiento 2 en el cual se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis de 0.50 kg/28 m² (180 kg/ha).

El mayor contenido de extracto etéreo en la semilla de ajonjolí se obtuvo con el tratamiento 4 donde se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis de 0.84 kg/28 m² (300 kg/ha) con un valor de 47.31%.

5. RECOMENDACIONES

Fertilizar el cultivo de ajonjolí con fórmula 15-15-15 en dosis de 1.40 kg/28 m² (500 kg/ha o 7.70 quintales/mz, ya que produce los mejores resultados en cuanto a las variables relacionadas al desarrollo vegetativo de la planta

Utilizar el estiércol de ganado bovino como fertilizante orgánico, el cual debe ser incorporado al suelo de 3 a 6 meses antes de establecer el cultivo para que los nutrientes que aporta estén disponibles para las plantas.

La fertilización química en el cultivo de ajonjolí se debe hacer en dos momentos: la primera, a los 10 días después de la siembra y con el 30% de la dosis establecida; y el otro 70% a los 30 días después de la siembra a fin de que las plantas tengan un óptimo desarrollo y rendimiento.

Realizar muestreo y análisis de suelo antes de la siembra del cultivo de ajonjolí para determinar el contenido de nutrientes que se encuentran presentes en el suelo y así realizar una fertilización adecuada.

Consumir ajonjolí como parte de la seguridad alimentaria por el aporte de minerales esenciales al organismo.

Continuar realizando investigaciones con otros tipos y dosis de fertilizantes en el cultivo de ajonjolí, tomando como referencia las dosis utilizadas en esta investigación.

6. BIBLIOGRAFIA

Aguirre, C. 2009. Características del suelo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. San Salvador. Universidad de El Salvador. Abril. Entrevista.

Bolivar, LR. 1999. El cultivo del ajonjolí producción y utilización (en línea). Tolima, Colombia. Consultado 31 de ene. 2020. Disponible en

https://books.google.com.sv/books?id=hZgi_IR4OXoC&pg=PA86&dq=fertilizacion+en+cultivo+de+ajonjoli&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwixouWwia7nAhWns1kKHb5UBQAQ6AEIJJA#v=onepage&q=fertilizacion%20en%20cultivo%20de%20ajonjoli&f=false

Calero, E. 1972. Incremente sus rendimientos de ajonjolí (en línea). Quito, Ecuador. Consultado 11 de Jul. 2020. Disponible en <file:///C:/Users/Lenovo/OneDrive/Escritorio/Archivos%20de%20la%20U/TESIS/Ajonjoli%201.pdf>.

CENIDA (Centro Nacional de Información y Documentación Agraria, Nicaragua). 2009. Manual de ajonjolí (en línea). León, Nicaragua. Consultado 9 de jul. 2020. Disponible <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01C965ma.pdf>

Centeno Alvarez, MIC; Poveda Lacayo, RA. 2010. Evaluación del manejo orgánico del cultivo de ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) con tres tipos de fertilizantes orgánicos bokashi, lombriabono y compost en el campus agropecuario de la UNAN-LEON en el periodo de septiembre a diciembre del 2009 (en línea). León, Nicaragua. Consultado 20 jul 202. Disponible en <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/884/1/217842.pdf>

Cervantes Solórzano, MA. 2012. Evaluación de los niveles de proteína y aceite en la semilla de ajonjolí (*Sesamun indicum*) nacional de los cultivares criollos (r-198, estándar y trébol), en su estado natural. Mazatenango, Suchitepequez, Guatemala. Consultado 8 ene 2020. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/22/22_0176.pdf

INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá). 2006. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica (en línea). Guatemala. Consultado 26 de ago. Del 2021. Disponible en: <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/tablacalimentos.pdf>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica. Consultado el 27 ene. 2020. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658ajonjoli.pdf>

Montoya Bazán, JL; Ardisana, EFH; Torres García, A; Fosado Téllez, O. 2019. Crecimiento y rendimiento del ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) bajo la acción de dos bioles. Revista de las agrocencias (en línea). Ecuador. Consultado 16 jun de 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338655722_Crecimiento_y_rendimiento_del_ajonjoli_Sesamun_indicum_L_bajo_la_accion_de_dos_bioles

Navarrete, FM. 2008. Ensayo: El aprovechamiento de la Agroindustria con el tratado de libre comercio con los Estados Unidos de América (en línea). Boletín Económico BCR. SV. Consultado 23 de ene. 2020. Disponible en: <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/uploaded/content/category/1404929269.pdf>

Quieroga, VP; Chávez León, JV; Pérez Valenzuela, FJ. 2018. Cultivo de ajonjolí para los campesinos en los departamentos de Choluteca y valle, Honduras (en línea). Honduras. Consultado 11 de Julio 2020. Disponible https://issuu.com/abarriguda/docs/livro_20honduras

Rodríguez, OA. 2020. Metodología estadística de la investigación “Evaluación de cinco dosis de un fertilizante orgánico en el desarrollo y rendimiento del cultivo de ajonjolí (*Sesamum*

indicum L.), San Luis Talpa, La Paz, El Salvador”. Febrero (correspondencia personal). San Salvador, El Salvador, UES.

Ruíz Salazar, F. 1998. Manejo agroecológico del ajonjolí. Manual de manejo integrado de plagas en el cultivo de ajonjolí (en línea). León, Nicaragua. Consultado 11 de Julio 2020. Disponible <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4095/1/01.pdf>

Vaca Moran, F; Vásquez Galán, J; Vásquez Granda, V; Vásquez Guillen, J. 2001. Manual de manejo el cultivo del ajonjolí (en línea). HN. Consultado 16 de ene de 2020. Disponible https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2550/1/210904_0325%20ajonjoli.pdf