



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

INFLUENCIA DEL TIPO DE CULTIVAR Y DISTANCIA DE SIEMBRA EN
PARÁMETROS MORFOLÓGICOS Y AGRONÓMICOS DEL CULTIVO
DEL AJONJOLÍ

APOLO CALLE ROGER ELVIS
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

Influencia del tipo de cultivar y distancia de siembra en parámetros morfológicos y agronómicos del cultivo del ajonjolí

**APOLO CALLE ROGER ELVIS
INGENIERO AGRÓNOMO**

**MACHALA
2021**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

Influencia del tipo de cultivar y distancia de siembra en parámetros morfológicos y agronómicos del cultivo del ajonjolí

APOLO CALLE ROGER ELVIS
INGENIERO AGRÓNOMO

RODRIGUEZ DELGADO IRAN

MACHALA, 24 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
2021

INFLUENCIA DEL TIPO DE CULTIVAR Y DISTANCIA DE SIEMBRA EN PARÁMETROS MORFOLÓGICOS Y AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DE AJONJOLÍ EN LA GRANJA SANTA INÉS

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	aes.ucf.edu.cu Fuente de Internet	1%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	1%
4	Jhonys De Jesús Pérez Bolaños, Jairo Guadalupe Salcedo-Mendoza. "Componentes del rendimiento en cultivares de ajonjolí <i>Sesamum indicum</i> L. (Pedaliaceae), en el departamento de Sucre (Colombia)", <i>Ciencia y Tecnología Agropecuaria</i> , 2018 Publicación	<1%
5	go.gale.com Fuente de Internet	<1%
6	jacaroupuzzles.com Fuente de Internet	<1%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, APOLO CALLE ROGER ELVIS, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado INFLUENCIA DEL TIPO DE CULTIVAR Y DISTANCIA DE SIEMBRA EN PARÁMETROS MORFOLÓGICOS Y AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DEL AJONJOLÍ, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

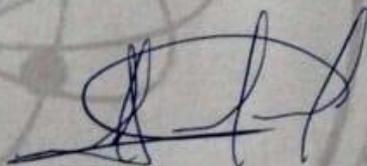
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 17 de septiembre de 2021



APOLO CALLE ROGER ELVIS
0704539956

DEDICATORIA

A mis padres:

Eithel Adalberto Apolo Quezada y Nancy Martha Calle Chamba con alma y vida que me enseñaron valores esenciales, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más e importancia de seguir adelante para lograr mi objetivo de ser un profesional, pues que sin su apoyo económico incondicional no lo hubiese logrado.

A mis hermanos:

Edhison Apolo Calle y Anahí Apolo Calle por su permanente cariño y palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante cumpliendo mis ideales.

A mi familia:

En general por sus palabras, compañía, apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona.

Roger Elvis Apolo Calle

AGRADECIMIENTO

Dios tu amor y bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco.

*Gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.
A mi tutor de tesis el Ingeniero IRÁN RODRÍGUEZ DELGADO. Ms. Sc. Por su apoyo y enseñanza en esta dura tarea, brindándome conocimientos y sabiduría para mi vida profesional.*

Roger Elvis Apolo Calle

INFLUENCIA DEL TIPO DE CULTIVAR Y DISTANCIA DE SIEMBRA EN PARÁMETROS MORFOLÓGICOS Y AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DE AJONJOLÍ EN LA GRANJA SANTA INÉS.

Autor:

Roger Elvis Apolo Calle

Tutor:

Ing. Irán Rodríguez Mg. Sc.

RESUMEN

El ajonjolí, es uno de los cultivos más remotos del mundo y de mucha importancia, es considerado como la reina de las semillas por su alto contenido de aceite, siendo los principales ácidos grasos el linoleico y oleico con valores promedio de 45.7% y 37.2% respectivamente, además, están siendo utilizadas en las industrias por su gran valor nutricional, contiene proteínas, carbohidratos, fibra, minerales y vitaminas. En la actualidad existe un área mundial cosechada de 12 821 752 ha, una producción de 6 549 725 toneladas de semillas y un rendimiento agrícola de 0.5108 t ha⁻¹. El cultivo se adapta a distintos suelos, aunque responde muy bien a suelos con texturas franco arenoso y franco arcilloso con buena filtración de agua para el óptimo desarrollo del sistema radical y asegurar las absorciones de nutrientes y agua. El riego debe de estar bien distribuido durante su fase vegetativa y sobre todo durante la floración para aumentar el rendimiento a la cosecha. El presente trabajo de investigación se realizó en la granja Santa Inés, Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Técnica de Machala provincia de El Oro, con el objetivo de Evidenciar el efecto de la combinación de cultivares a diferentes distancias de siembra mediante la medición de parámetros morfo-agronómicos del cultivo de ajonjolí en la granja Santa Inés. Se utilizó un diseño en bloque completo completamente al azar, donde existe 2 factores controlados (cultivares de ajonjolí y distancia de siembra) y el factor no controlado (fertilidad del suelo), estableciendo 4 réplicas por cada combinación; Los cultivares de ajonjolí son de semillas (negra, blanca y café) y las distancias de siembra fueron (40 cm x 40 cm y 40 cm x 30 cm), las combinaciones fueron las siguientes, a₁b₁ (cultivar negra-40 cm x 40 cm) , a₁b₂ (cultivar negra-30 cm x 40 cm), a₂b₁ (cultivar blanca-40 cm x 40 cm), a₂b₂ (cultivar blanca-30 cm x 40 cm), a₃b₁ (cultivar café-40 cm x 40 cm) y a₃b₂ (cultivar café-30 cm x 40 cm). Las variables investigadas fueron, variables morfológicas (altura de la planta, número de ramas y número de nudos reproductivos a los 90 días de efectuada la siembra y variables productivas (cápsulas totales, del tallo principal y de

ramas productivas a los 110 días, así como, semillas por cápsula y rendimiento agrícola a la cosecha para lograr determinar que combinación entre cultivar y distancia de siembra es la mejor para el beneficio del productor. En el análisis estadístico nos muestra que en el crecimiento del cultivo las combinaciones a_3b_1 , a_2b_2 , a_2b_1 y a_3b_2 presentaron valores elevados los cuales presentan diferencias significativas con las restantes combinaciones a_1b_1 y a_1b_2 , por lo que se puede analizar que existió un favorable desarrollo con respecto a la altura en los 2 cultivares con sus respectivas distancias de siembra. Sin embargo, en las demás variables morfológicas y productivas las combinaciones a_1b_1 y a_1b_2 presentaron resultados favorables a diferencia de las demás combinaciones donde existen diferencias significativas con las demás combinaciones; En la variable de rendimiento ($t\ ha^{-1}$) se observó que la combinación más apropiada fue a_1b_2 (cultivar negra – 30 cm x 40 cm) donde presentó el valor más alto ($0,367\ t\ ha^{-1}$) con una densidad poblacional de 83333 plantas/ha por ende se aprecia que esta combinación se adaptó favorablemente a las condiciones edafoclimáticas del área de estudio.

Palabras clave: ajonjolí, cultivares, distancia de siembra, combinaciones, variables morfológicas, variables productivas, rendimiento.

INFLUENCE OF THE TYPE OF CULTIVATION AND PLANTING DISTANCE IN MORPHOLOGICAL AND AGRONOMIC PARAMETERS OF THE CULTIVATION OF AJONJOLÍ IN THE GRANJA SANTA INÉS.

Author:

Roger Elvis Apolo Calle

Tutor:

Ing. Iran Rodríguez Mg. Sc.

ABSTRACT

Sesame, is one of the most remote crops in the world and of great importance, it is considered the queen of seeds due to its high oil content, the main fatty acids being linoleic and oleic with average values of 45.7% and 37.2% respectively, in addition, they are being used in industries for their great nutritional value, it contains proteins, carbohydrates, fiber, minerals and vitamins. Currently there is a world harvested area of 12 821 752 ha, a production of 6 549 725 tons of seeds and an agricultural yield of 0.5108 t ha⁻¹. The crop adapts to different soils, although it responds very well to soils with sandy loam and clay loam textures with good water filtration for optimal development of the root system and ensuring nutrient and water absorption. Irrigation must be well distributed during its vegetative phase and especially during flowering to increase yield at harvest. The present research work was carried out at the Santa Inés farm, Faculty of Agricultural Sciences belonging to the Technical University of Machala, El Oro province, with the aim of Evidence of the effect of the combination of cultivars at different planting distances by measuring Morpho-agronomic parameters of sesame cultivation in the Santa Inés farm. A completely randomized complete block design was used, where there are 2 controlled factors (sesame cultivars and sowing distance) and the uncontrolled factor (soil fertility), establishing 4 replications for each combination; The sesame cultivars are of seeds (black, white and brown) and the sowing distances were (40 cm x 40 cm and 40 cm x 30 cm), the combinations were the following, a1b1 (black cultivar-40 cm x 40 cm), a1b2 (black cultivar-30 cm x 40 cm), a2b1 (white cultivar-40 cm x 40 cm), a2b2 (white cultivar-30 cm x 40 cm), a3b1 (brown cultivar-40 cm x 40 cm) and a3b2 (grow coffee-30 cm x 40 cm). The variables investigated were morphological variables (plant height, number of branches and number of reproductive nodes at 90 days after sowing and productive variables (total capsules, the main stem and productive branches at 110 days, as well as seeds per capsule and agricultural yield at harvest to determine which combination between cultivar and sowing distance is the best for the benefit of the producer. The statistical analysis shows us that in the growth of the crop the combinations a3b1, a2b2, a2b1 and a3b2 presented high values which present significant

differences with the remaining combinations a1b1 and a1b2, so it can be analyzed that There was a favorable development with respect to height in the 2 cultivars with their respective sowing distances. However, in the other morphological and productive variables the combinations a1b1 and a1b2 presented favorable results unlike the other combinations where there are significant differences with the other combinations; In the yield variable (t ha⁻¹) it was observed that the most appropriate combination was a1b2 (black cultivar - 30 cm x 40 cm) where it presented the highest value (0.367 t ha⁻¹) with a population density of 83 333 plants / ha, therefore it is appreciated that this combination favorably adapted to the edaphoclimatic conditions of the study area.

Keywords: sesame, cultivars, sowing distance, combinations, morphological variables, productive variables, yield.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen	4
2.2. Distribución	4
2.3. Comercialización	5
2.4. Utilización	6
2.5. Valor alimentario	7
2.6. Taxonomía	8
2.7. Morfología	9
2.7.1. Raíz.....	9
2.7.2. Tallo	10
2.7.3. Hoja	10
2.7.4. Flor	11
2.7.5. Fruto	11
2.7.6. Semilla.....	12
2.8. Etapa Fenológica y Reproductiva	12
2.10. Tipos de ajonjolí	14
2.11. Requerimientos edafoclimáticos.....	14
2.11.1. Precipitación.....	14
2.11.2. Suelo.....	15
2.11.3. Temperatura	15
2.11.4. Luminosidad.....	15
2.11.5. Altitud y latitud	16
2.11.6. Agua	16
2.12. Manejo Agronómico.....	16
2.12.1. Desinfección de la semilla.....	16
2.12.2. Preparación del terreno.....	16
2.12.3. Siembra.....	17
2.12.4. Métodos de siembra	17
2.12.5. Densidad poblacional	17
2.12.6. Control de arvenses	18
2.12.7. Raleo.....	18

2.13.	Extracción de nutrientes del suelo	18
2.14.	Fertilización	19
2.15.	Plagas y enfermedades.....	20
2.15.1.	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaco</i>)	20
2.15.2.	(<i>Phyllophaga</i> spp.) Gallina ciega	20
2.15.3.	<i>Pseudocercospora sesami</i>	21
2.15.4.	<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid.....	21
2.15.5.	Fusarium.....	22
2.16.	Cosecha.....	23
2.16.1.	Cosecha manual.....	23
2.16.2.	Cosecha mecánica	24
2.16.3.	Almacenamiento.....	25
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1.	Ubicación y caracterización del área experimental	26
3.1.1.	Descripción de la zona de estudio	26
3.1.2.	Ubicación Geográfica.....	26
3.1.3.	Caracterización del área experimental	27
3.2.	Diseño experimental	27
3.2.1.	Cultivares utilizados	28
3.2.2.	Especificidades del experimento	29
3.2.3.	Modelo matemático.....	30
3.3.	Manejo del experimento	30
3.3.1.	Limpieza del terreno.....	30
3.3.2.	Medición del terreno	31
3.3.3.	Medición de unidades experimentales	31
3.3.4.	Preparación del suelo	32
3.3.5.	Siembra.....	32
3.3.6.	Germinación y emergencia del cultivo.....	33
3.3.7.	Inicio de la floración	33
3.3.8.	Raleo.....	34
3.3.9.	Control de arvenses	34
3.3.10.	Desarrollo del cultivo	35
3.3.11.	Floración.....	35
3.3.12.	Cosecha	36
3.4.	Medición de las variables controladas.....	38

3.4.1.	Variables antes de la cosecha	38
3.4.2.	Variables a la cosecha	38
3.4.3.	Variables postcosecha	39
3.5.	Procedimiento estadístico	39
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	41
4.1.	Influencia de cultivares de ajonjolí y distancias de siembra en variables morfológicas a los 90 días de efectuada la siembra.....	41
4.1.1.	Altura de planta a los 90 dds	41
4.1.2.	Número de ramas productivas a los 90 dds.....	43
4.1.3.	Número de nudos reproductivos a los 90 dds	44
4.2.	Influencia de cultivares de ajonjolí y distancias de siembra en variables productivas a los 110 días dds y poscosecha	46
4.2.1.	Número de cápsulas totales a los 110 dds	46
4.2.2.	Número de cápsulas del tallo principal a los 110 dds	48
4.2.3.	Número de cápsulas en ramas productivas a los 110 dds	50
4.2.4.	Semillas por cápsula.....	51
4.2.5.	Peso de 1000 semillas	53
4.2.6.	Rendimiento agrícola (t ha ⁻¹).....	55
5.	CONCLUSIONES	57
6.	RECOMENDACIONES	59
7.	BIBLIOGRAFÍA	60
8.	ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción/ Rendimiento mundial del cultivo de ajonjolí, 1994-2019.....	4
Figura 2. Área cosechada, Producción y Rendimiento de semilla de ajonjolí, mundial 1999 – 2019.....	5
Figura 3. Área cosechada, Producción y Rendimiento de semilla de ajonjolí, América 1999 – 2019.....	6
Figura 4. Área cosechada, Producción y Rendimiento de semilla de ajonjolí, Ecuador 1999 – 2019.....	6
Figura 5. Principales estructuras del cultivo: 1. Parte superior de la planta; 2. Flor; 3. Fruto (cápsula madura); 4. Semilla.....	9
Figura 6. Raíz del cultivo de ajonjolí.....	9
Figura 7. Tallo del cultivo de ajonjolí.....	10
Figura 8. Hoja del cultivo de ajonjolí. Hoja lanceolada (A); dentada (B); lobulada (C).....	10
Figura 9. Flor del cultivo de ajonjolí.....	11
Figura 10. Fruto del cultivo de ajonjolí.....	12
Figura 11. Semillas del cultivo de ajonjolí.....	12
Figura 12. Ciclo de vida del cultivo de ajonjolí.....	14
Figura 13. Mosca blanca (<i>Bemisia tabaco</i>).....	20
Figura 14. Ciclo de vida de la gallina ciega.....	21
Figura 15. Mancha causada por <i>Pseudocercospora sesami</i>	21
Figura 16. Planta con daño de pata negra en el cultivo de ajonjolí.....	22
Figura 17. Dehiscencia de las cápsulas del cultivo de ajonjolí.....	23
Figura 18. Realización de parvas para el secado del ajonjolí.....	24
Figura 19. Trillado del ajonjolí.....	24
Figura 20. Cosecha mecanizada del cultivo de ajonjolí.....	25
Figura 21. Ubicación del Área Experimental.....	26
Figura 22. Croquis del diseño experimental y la distribución al azar de las combinaciones de cultivares y distancias de siembra.....	28
Figura 23. Cultivares utilizados en la investigación.....	29
Figura 24. Modelo matemático del diseño experimental.....	30
Figura 25. Asignación del área de investigación y diseño experimental a cargo del tutor.....	30
Figura 26. Limpieza del área experimental.....	31

Figura 27. Medición del área experimental.....	31
Figura 28. Medición de las unidades experimentales.	32
Figura 29. Estructuración del suelo del área experimental	32
Figura 30. Siembra y riego del cultivo de ajonjolí.....	33
Figura 31. Germinación y emergencia del cultivo de ajonjolí.	33
Figura 32. Inicio de la floración del cultivo.	34
Figura 33. Raleo de plántulas del cultivo de ajonjolí.....	34
Figura 34. Control de arvenses.....	35
Figura 35. Desarrollo del cultivo de ajonjolí.	35
Figura 36. Floración total del cultivo de ajonjolí.....	36
Figura 37. Cosecha del cultivo de ajonjolí.....	36
Figura 38. Emparve en el cultivo de ajonjolí.	37
Figura 39. Secado de las cápsulas del cultivo.	37
Figura 40. Comportamiento de las combinaciones en relación a la altura de la planta a los 90 días (dds)	42
Figura 41. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de ramas por planta.	44
Figura 42. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de nudos reproductivos del cultivo de ajonjolí.....	46
Figura 43. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de cápsulas totales del cultivo de ajonjolí.....	48
Figura 44. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de cápsulas del tallo principal del cultivo de ajonjolí.....	49
Figura 45. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de cápsulas de ramas productivas del cultivo de ajonjolí.	51
Figura 46. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de semillas por cápsulas en el cultivo de ajonjolí.....	53
Figura 47. Comportamiento de las combinaciones en relación al peso de 1000 semillas (g) en el cultivo de ajonjolí.....	54
Figura 48. Comportamiento de las combinaciones en relación a la variable rendimiento agrícola ($t^{ha^{-1}}$) en el cultivo de ajonjolí.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional de las semillas de ajonjolí por 100 gr.	7
Tabla 2. Clasificación taxonómica del cultivo de ajonjolí.	8
Tabla 3. Etapas fenológicas y reproductivas del cultivo de ajonjolí.	12
Tabla 4. Fases del cultivo de ajonjolí	13
Tabla 5. Extracción de nutrientes del suelo en el cultivo de ajonjolí.	18
Tabla 6. Coordenadas longitud, latitud y altitud.	26
Tabla 7. Combinaciones de cultivares y distancia de siembra.	27
Tabla 8. Especificidades del experimento.	29
Tabla 9. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones en la altura de la planta de ajonjolí a los 90 dds.	41
Tabla 10. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones en el número de ramas de la planta de ajonjolí a los 90 dds.	43
Tabla 11. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones en el número de ramas de la planta de ajonjolí a los 90 dds.	45
Tabla 12. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones en el número de cápsulas totales en la planta de ajonjolí a los 110 dds.	46
Tabla 13. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones en el número de cápsulas del tallo principal del cultivo de ajonjolí a los 110 dds.	48
Tabla 14. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones del número de cápsulas de ramas productivas del cultivo de ajonjolí a los 110 dds.	50
Tabla 15. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones del número de semillas por cápsula del cultivo de ajonjolí (poscosecha).	52
Tabla 16. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones del peso de 1000 semillas (g) del cultivo de ajonjolí (poscosecha).	53
Tabla 17. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones del rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$) del cultivo de ajonjolí.	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Preparación del terreno.....	69
Anexo 2. Medición del terreno.	69
Anexo 3. Siembra de Ajonjolí.....	70
Anexo 4. Riego.	70
Anexo 5. Raleo y control de arvenses.....	70
Anexo 6. Desarrollo del cultivo de ajonjolí.	71
Anexo 7. Toma de datos a los 90 dds.	71
Anexo 8. Problemas de dehiscencia en el cultivo.	72
Anexo 9. Tipos de flor en el cultivo de ajonjolí.....	72
Anexo 10. Tipos de hojas en el cultivo de ajonjolí.	73
Anexo 11. Toma de datos a los 110 dds.	73
Anexo 12. Cosecha.	74
Anexo 13. Secado de cápsulas.	74
Anexo 14. Conteo de número de semillas por cápsulas.....	75
Anexo 15. Peso de 1000 semillas.....	75

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción mundial de alimentos se debe a la gran cantidad de personas que demanda su consumo, sin embargo, se presentan problemas de hambre asociados a los recursos económicos, lo cual conlleva a que la alimentación no sea equilibrada y se produzcan consecuencias en las personas como la desnutrición, bajo peso, entre otras enfermedades; por otro lado, una gran cantidad de alimentos no se encuentran disponibles por los sobrepuestos relacionados al incremento de costos de producción e intermediarios (Friedrich, 2014).

La importancia de la agricultura familiar es la pluriactividad, debido a estas actividades sus situaciones de nivel educacional, condiciones de salud y esperanza de vida han aumentado. La agricultura es la fuente básica de suministro de alimentos y esencial en la economía de los países desarrollados, se debe a su aporte fundamental en las producciones internas y el empleo a la sociedad, aportando seguridad alimentaria en los países menos industrializados (Bula, 2020).

Las oleaginosas contienen cultivos de importancia, debido a que son vegetales con semillas que se pueden extraer aceites utilizados en la industria. A nivel mundial en el año 2019 se cosecharon 324 478 950 ha de cultivos oleaginosos, donde se obtuvo una producción de 1101 306 633 toneladas de semillas, con un rendimiento agrícola de 3,4 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2021).

Los cultivos Oleaginosos pertenecen a los grupos de mayor producción, experimentación, comercialización e investigación a nivel global; debido a sus utilidades de las semillas, granos o frutos por su alto porcentaje de ácidos grasos y proteínas de alta calidad. Existen diez cultivos en la actualidad que son los más cotizados en el mundo, soya, canola, cártamo, algodón, girasol, olivo, maíz, lino, cacahuete y ajonjolí (Comité Nacional Sistema-Producto: Oleaginosas, 2005).

El ajonjolí es una de las plantas cultivadas más remotas del mundo. Hace mucho tiempo, era un cultivo de suma importancia por su aceite, lo producían en Babilonia y Siria hace 4000 años (FUNICA, 2007). Fernández & Lauretin, (2016) afirman que el ajonjolí se produce en regiones tropicales y subtropicales.

El área cosechada de ajonjolí a nivel de mundo es de 12 821 752 ha, una producción obtenida de 6 549 725 toneladas de semillas y con un rendimiento agrícola de 0.5108 t ha⁻¹, donde el

continente Asiático es el mayor exportador con un 54.4%, continuamente el continente Africano con un 41.2% y el último continente es el Americano con el 4.4% (FAOSTAT, 2021). Alcalá & Maldonado, (2021) afirman el ajonjolí se cultiva mundialmente, es considerado como la reina de las semillas de aceite por su gran valor nutricional, siendo los principales ácidos grasos el linoleico y oleico con valores promedio de 45.7% y 37.2% respectivamente. El aceite se utiliza principalmente en las industrias de alimentos, farmacéuticas, cosméticos e incluso en insecticidas.

Olowe (2006) afirma que el ajonjolí es uno de los cultivos de semillas que está ganando importancia sumamente rápido en el mercado global debido a sus productos comestibles y la alta cantidad demandada de su aceite vegetal.

En América el cultivo de ajonjolí es sumamente importante económicamente, actualmente cuenta con un área cosechada de 423 271 ha, una producción de 304 107 toneladas de semillas y con un rendimiento agrícola de 0.7185 t ha⁻¹; México, Guatemala, Venezuela y Paraguay, juntos forman el 3% de la producción global y el 12 % en las exportaciones (FAOSTAT, 2021).

En Ecuador al término del año 2019 existe un área cosechada de 18 ha, una producción de 14 toneladas de semillas y con un rendimiento agrícola de 0.7778 t ha⁻¹. En el país, Manabí (Portoviejo), Guayas (Milagro y Pedro Carbo) existen plantaciones de ajonjolí (FAOSTAT, 2021).

Su importancia está basada justamente en el aceite obtenido, el cual se destaca entre los aceites vegetales por su calidad nutritiva (balance entre ácidos grasos y presencia de antioxidantes) y su larga vida útil en almacenamiento (Laurentin & Sánchez, 2020).

Uno de los beneficios del ajonjolí es disminuir el colesterol sanguíneo, debido al elevado porcentaje de lípidos y ácidos grasos importantes Omega 6 y 3, contiene lecitina donde ayuda a que las grasas no se localicen en arterias. La gran cantidad de fibra que posee logra convertirse en un excelente regulador en la flora intestinal. Aporta energías, apto para personas que realizan deporte y trabajos agotadores, como físicas, mentales o problemas de estrés. Además, aporta hierro, calcio, zinc, proteínas y también fibra estimulando la digestión (Rodríguez Lucas, 2011).

Kumar et al.(2013) afirman que el ajonjolí es un cultivo de día corto y sensible al fotoperíodo, estrés de humedad y temperatura. Posee variaciones amplias de rendimiento a pesar de cultivarse en regiones y estaciones diferentes del país. El manejo del ajonjolí es de suma importancia para obtener una excelente etapa vegetativa desde el comienzo de la germinación hasta la cosecha como son sus labores culturales, riego, fertilización y control de plagas.

Las semillas son de distintos colores según los cultivares. Existen semillas de color café, rojo, negro, amarillo, blanca y grisáceo claro sin embargo el contenido nutritivo varía(Vaca et al., 2001). En la actualidad se siembran alrededor de 3000 variedades, adaptadas a condiciones edafoclimáticas, con características genéticas diferentes como la sensibilidad al foto y termoperíodo, hábito de crecimiento, número de capsulas por nudo reproductivo, color de la corteza de la semilla, contenido de aceite, tolerantes a las enfermedades y sequias(Rey Bolívar, 1999).

Existe variaciones de distancias de siembra debido a la estructura de los cultivares, en el presente trabajo de investigación se realizarán siembras de (0.40 cm entre planta por 0.40 entre hilera y 0.30 cm entre planta por 0.40 entre hilera).

1.1.Objetivo general

- Evidenciar el efecto de la combinación de cultivares a diferentes distancias de siembra mediante la medición de parámetros morfo-agronómicos del cultivo de ajonjolí en la granja Santa Inés.

1.2.Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la combinación de cultivares de ajonjolí (negra, blanca y café) y distancias de siembra (40 cm x 40 cm y 30 cm x 40 cm) en variables morfológicas (altura de la planta, número de ramas productivas y número de nudos reproductivos) a los 90 días de efectuada la siembra.
- Demostrar la incidencia de la combinación de cultivares de ajonjolí y distancias de siembra en parámetros productivos (cápsulas totales, del tallo principal y de ramas productivas a los 110 días, así como, semillas por cápsula, peso de 1000 semillas y rendimiento agrícola a la cosecha.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.Origen

El cultivo de ajonjolí es sumamente antiguo. Aparece hace dos siglos A.C. Según los registros este cultivo su origen se centra en África Central (su origen no es exacto) (Vaca et al., 2001). (Garnica et al., 2020) mencionan que pertenece a una especie oleaginosa, familia Pedaliácea. Etiopía es considerado su centro de origen, pero cuenta con distintos centros de diversificación en el continente asiático.

Este cultivo es uno de los más antiguos, se cultivaba en India y África. Se propagó en Asia y a países del Mediterráneo. Esclavos africanos distribuyeron al Continente Americano las semillas de ajonjolí, donde se cultivó en el sur de Norte América, con utilizaciones culinarias. Actualmente el ajonjolí es importante como condimento en América del norte y Europa (Vaca et al., 2001). (Figura 1)

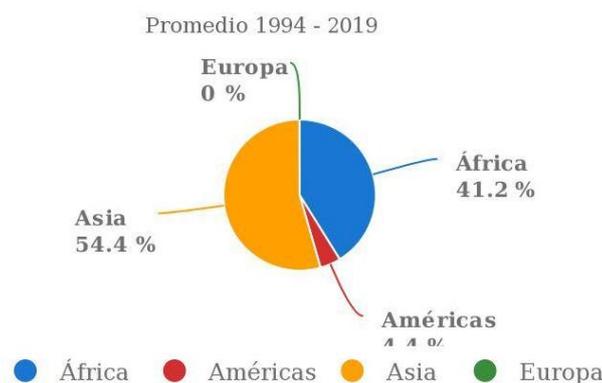


Figura 1. Producción/ Rendimiento mundial del cultivo de ajonjolí, 1994-2019.

Fuente:(FAOSTAT, 2021)

2.2.Distribución

Corona et al., (2013) mencionan que hoy en día, Myanmar, India y China son los mayores productores mundialmente, le siguen, Sudán, Uganda, Etiopía y Nigeria. En América los grandes productores son Paraguay, Guatemala, México y Venezuela.

Pérez Bolaños & Salcedo Mendoza, (2018) mencionan durante los últimos años la dedicación al cultivo de ajonjolí ha sido de 9 416 369 ha de áreas en todo el mundo con producciones de 4 847 921 t de semilla.

El ajonjolí se cultiva principalmente en Honduras, India, Ecuador, China, México y Nicaragua. Egipto es uno de los principales cultivadores del cultivo. Según expertos de botánica, este cultivo se desarrolla favorablemente en climas tropicales y en regiones templadas (Vaca et al., 2001).

2.3.Comercialización

Melgarejo et al., (2020) indican que los principales productores de ajonjolí, alrededor del 70-75% de sus producciones es utilizada para extracciones de aceites y su comercialización.

Alvarado Díaz et al., (2000) afirman que, en el mundo, este cultivo oleaginoso ocupa el octavo lugar en cuanto a producción, y por su adaptabilidad a las condiciones climáticas, se siembra en los países centroamericanos, donde es considerado uno de los principales productos de exportación (Figura 2).

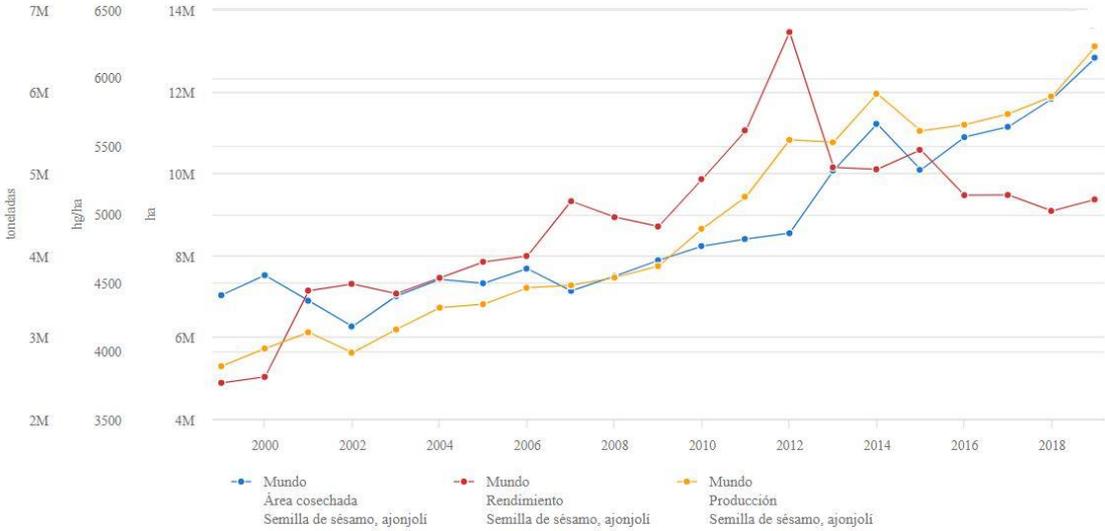


Figura 2. Área cosechada, Producción y Rendimiento de semilla de ajonjolí, mundial 1999 – 2019.

Fuente: (FAOSTAT, 2021)

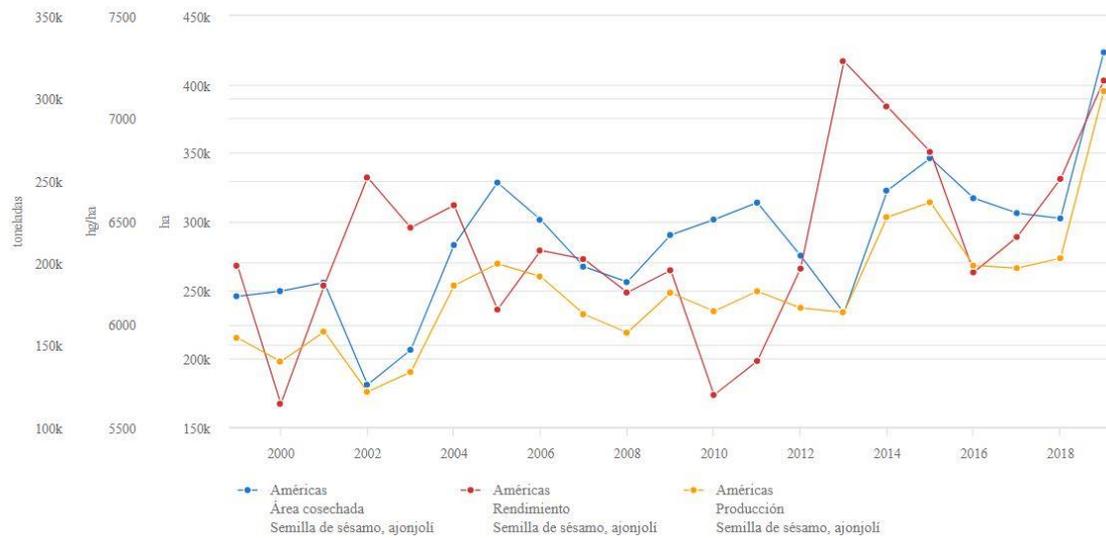


Figura 3. Área cosechada, Producción y Rendimiento de semilla de ajonjolí, América 1999 – 2019.

Fuente: (FAOSTAT, 2021).

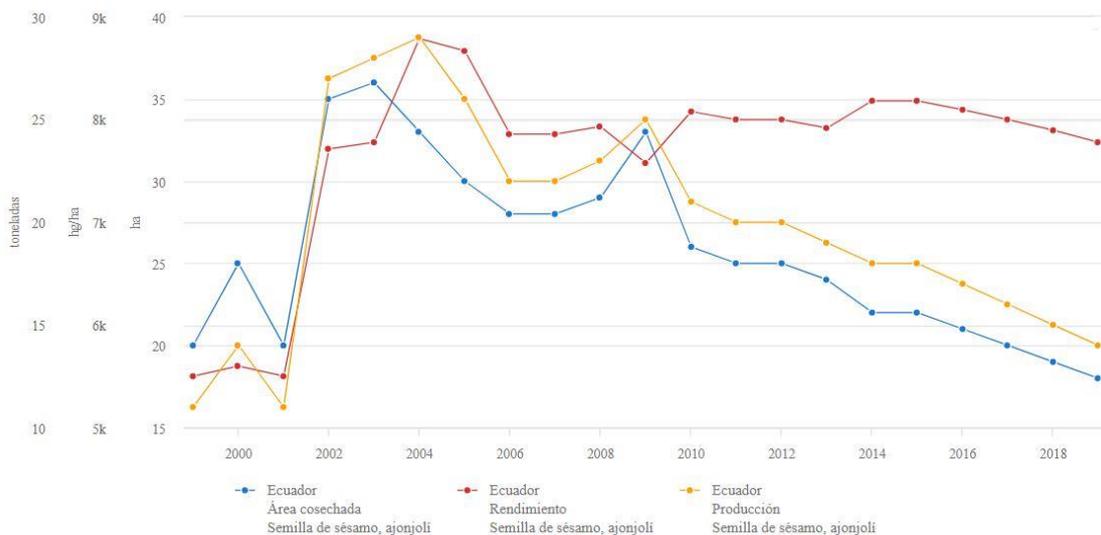


Figura 4. Área cosechada, Producción y Rendimiento de semilla de ajonjolí, Ecuador 1999 – 2019.

Fuente: (FAOSTAT, 2021)

2.4.Utilización

Ismalia & Usman, (2012) mencionan aparte de la alta cantidad de aceite, su semilla presenta cantidades favorables de calcio, fósforo, hierro y vitaminas, aspectos que demuestran a nivel global su elevado potencial de uso en la industria alimentaria.

El ajonjolí ayuda a mejorar la salud (contiene cualidades curativas como: dolores de oído, quemaduras, tos seca, dolencias femeninas, reumatismo, osteoporosis, estreñimientos, vejiga inflamada.), posee más cantidades de potasio y fósforo que las bananas y las naranjas, mejora la salud de la piel causada por estrés, mejora la cicatrización de las heridas, es un alimento que en pocas ocasiones causa alergias, la flor del cultivo ayuda a los apicultores debido a que su floración la realiza cuando en otras regiones las plantas no están floreciendo (Vaca et al., 2001).

El ajonjolí es sumamente nutricional, dispone de los dos aminoácidos más importantes para la salud humana: Metionina (mejora la función del hígado, fortalece el manejo del colesterol), Triptófano (ayuda a poseer saludable la piel y el cabello, mejora el sistema nervioso) (Vaca et al., 2001).

Ahmad et al., (2011) afirman que hace pocos años en el país de Brasil existe una importancia con el ajonjolí en las producciones para el ámbito socioeconómico, donde realizan investigaciones de sustituir combustibles fósiles por el biodiésel.

2.5. Valor alimentario

Falasca et al., (2010) afirman las semillas poseen un 50-60% de aceite y es uno de los aceites más costosos a nivel mundial por su colesterol bajo y elevado contenido de ácidos grasos poli-insaturados; con un 47% de ácido oleico y 39% de ácido linoleico. Su aceite tiene antioxidantes naturales; sesamolina, sesamol y sesamina. Las semillas tienen un 25% de proteína y Ca (1.3%). utilizadas en la industria de panificación, en pastelería y como condimento en la gastronomía.

Montero et al., (2015) mencionan que aporta minerales como el calcio, potasio y el hierro y vitaminas como la biotina, K, B3, E, ácido fólico, B6, colina, B5 e inositol (Tabla 1).

Tabla 1. Valor nutricional de las semillas de ajonjolí por 100 g.

Componente	Cantidad
Agua (g)	4.9
Calorías (Kcal)	573
Grasa (g)	49.67
Proteína (g)	17.73
Carbohidratos (g)	23.45
Fibra (g)	11.8
Ca (mg)	975
Fe (mg)	14.55
Mg (mg)	351
P (mg)	629
K (mg)	468
Zn (mg)	7.75
Niacina (mg)	4.5
Vitamina E (mg)	2.27
Colesterol (mg)	0

Fuente: (USDA, 2019)

2.6. Taxonomía

Según (Villar Vera, 2019), define la siguiente clasificación taxonómica.

Tabla 2. Clasificación taxonómica del cultivo de ajonjolí.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Pedaliaceae
Género	Sesamun
Especie	Indicum
Nombre científico	<i>Sesamun indicum</i> L.

2.7. Morfología

Bedigian et al., (1986) afirman es autógama con poblaciones sumamente compuestas de individuos homocigotos, se produce por autopolinización. Existen investigaciones de la caracterización morfológica de ajonjolí e indican una gran diversidad en caracteres relacionados con altura, ramificaciones, cápsula y semillas. (Figura 5) El cultivo de ajonjolí es anual, herbácea, varía su ciclo vegetativo entre 80 – 130 días dependiendo de la variedad y condiciones edafoclimáticas. Es un cultivo rústico y de crecimiento rápido (Villar Vera, 2019). Las características principales son:



Figura 5. Principales estructuras del cultivo: 1. Parte superior de la planta; 2. Flor; 3. Fruto (cápsula madura); 4. Semilla.

Fuente:(Agrotendencia, 2020)

2.7.1. Raíz

Su sistema radicular es sumamente ramificado, profundo y fibroso. La raíz principal es pivotante y ramificada, pero generalmente superficial (Villar Vera, 2019). (Figura 6)



Figura 6. Raíz del cultivo de ajonjolí

Fuente: (Queiroga et al., 2018)

2.7.2. Tallo

Cilíndrico, erecto, cuadrangular y en algunas ocasiones puede poseer de seis lados. Su corte transversal en un planta joven muestra un área externa dura y una médula blanca, sin embargo, en los tallos adultos desaparece la médula blanca dejando un hueco en el centro (Friedmann & Penner, 2009). Dependiendo de la variedad el tallo es ramificado o simple, pubescente o liso, poseen glándulas donde secretan una sustancia viscosa (Villar Vera, 2019). (Figura 7)



Figura 7. Tallo del cultivo de ajonjolí.

Fuente:(IICA, 2006)

2.7.3. Hoja

Posee formas lanceoladas o acorazonadas, la hoja está unida al tallo por el pecíolo donde su longitud varía, es de color verde, pero en ocasiones su color cambia debido a las exposiciones al sol tomando una coloración parda rojiza.(Villar Vera, 2019) (Figura 8)

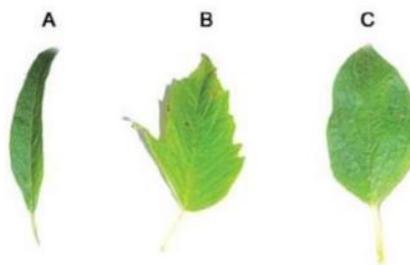


Figura 8. Hoja del cultivo de ajonjolí. Hoja lanceolada (A); dentada (B); lobulada (C).

Fuente: (Queiroga et al., 2018)

2.7.4. Flor

Aparecen entre los 60 y 72 días desde la siembra, pero la floración sigue hasta que todas las flores de la parte superior se abren. (Vaca et al., 2001) Las flores son solitarias, en pocas ocasiones se encuentran 2 o 3 juntas, son axilares, de pedicelo corto y geniculadas, el cáliz es pequeño y distribuido en 5 partes, los segmentos son ovados lanceolados. La corola es tubular – campanulada, pubescente en su exterior de color blanco o rosado. Tiene cuatro estambres insertados en la base de la corola, anteras sagitadas y el ovario con dos celdas (Ochoa Ayala, 1980). (Figura 9)



Figura 9. Flor del cultivo de ajonjolí.

Fuente: (Agrotendencia, 2020)

2.7.5. Fruto

El fruto es una cápsula, es erecta, oblonga, obtusamente tetragonal, apiculada, hispica; (Ochoa Ayala, 1980). Miden entre 2 a 4 cm de longitud, su color es café en el momento de la maduración, es deshiscente; posee dos lóculos, cada uno con dos hileras de semillas. Cada cápsula contiene de 80 a 100 semillas (Pérez, 2010). (Figura 10)

Nobre et al., (2013) mencionan la maduración del fruto no sucede al mismo tiempo, y la dehiscencia de las cápsulas ocurre de la base hacia el ápice. La dehiscencia de los frutos es un gran problema para el cultivo de ajonjolí, pues resulta que pequeñas desviaciones respecto a la época de la cosecha pueden significar pérdidas de la producción y rendimiento hasta el 50%. (Figura 10)



Figura 10. Fruto del cultivo de ajonjolí.

Fuente: (Agrotendencia, 2020)

2.7.6. Semilla

La almendra está protegida por un endocarpio o testa (Pérez, 2010). Son numerosas, achatadas, pequeñas de dos a cuatro milímetros de largo y de dos milímetros de ancho, de variado color dependiendo de su variedad, blanco amarillento, café y negro. (Figura 11) El peso de 1000 semillas está en un rango de 2-4 g. Aproximadamente la mitad de su peso está constituida por aceite, por proteínas 37 %, un 8% de hidratos de carbono y de 2% de minerales (Villar Vera, 2019).



Figura 11. Semillas del cultivo de ajonjolí.

Fuente: (Agrotendencia, 2020)

2.8. Etapa Fenológica y Reproductiva

Según (Rincón & Salazar, 1996), clasifica las etapas fenológicas y reproductivas:

Tabla 3. Etapas fenológicas y reproductivas del cultivo de ajonjolí.

Estadio	Nombre	Descripción
V0	Emergencia	Los cotiledones están por encima de la superficie del suelo.
V1	1er nudo	Hojas formadas en el 1er nudo. El entrenudo debajo de las hojas mide 0.5 cm.
V2	2do nudo	Hojas formadas en el 2do nudo. El entrenudo debajo del 3er par de hojas mide 0.5 cm.
Vn	Nésimo nudo	Número de nudos completos y desarrollados en el tallo principal.
R1	Comienzo floración	Aparición de botones florales en los nudos, midiendo 0.5 cm.
R2	1era flor	Aparición de la primera flor en cualquier nudo.
R3	Comienzo de formación de cápsulas	Aparece la primera cápsula en cualquier nudo.
R4	Floración completa	Flores abiertas y crecimiento de las cápsulas en 4 de los nudos del eje del tallo.
R5	Cápsulas verdes	Máxima longitud de las cápsulas.
R6	Inicio madurez	Primeros cambios de color en el cultivo, caída de las hojas bajas.
R7	Madurez de cosecha	El 75 % de la planta tiene cambios de coloración, apertura de cápsulas y defoliación.

Fuente: (Rincón & Salazar, 1996)

2.9. Fases del ciclo vegetativo

El ajonjolí contiene tres fases de desarrollo con un tiempo determinado.

Tabla 4. Fases del cultivo de ajonjolí

Fase	Días después de la siembra
Vegetativa	33-55
Reproductiva	40-80
Llenado de granos	81-103

Fuente: (Agrotendencia, 2020)

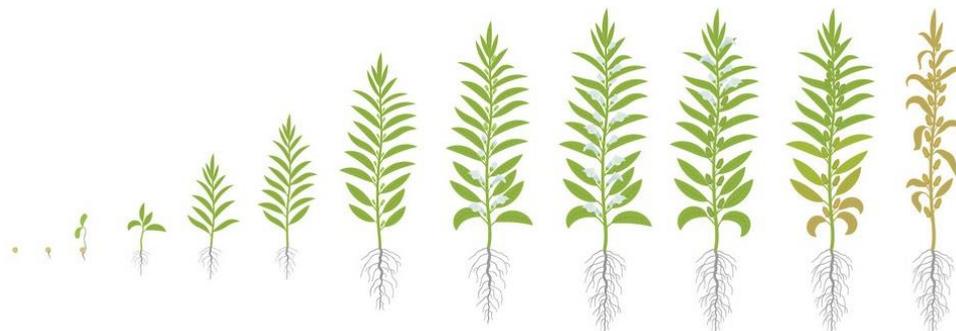


Figura 12. Ciclo de vida del cultivo de ajonjolí.

Fuente: (Agrotendencia, 2020)

2.10. Tipos de ajonjolí

Según su ciclo: Se clasifica por variedades precoces y de ciclo corto, por madurez fisiológica de 80 días; entre 90-100 días y ciclo largo de 110 días (Friedmann & Penner, 2009).

- Según la altura: plantas de 1.5 metros a 2 metros.
- Según ramificaciones: tallo vertical, ramificado y ramificaciones en la parte superior del cultivo.
- Según color: Semillas de color blanco, café, crema, rojizos y negro.
- Según el uso: Confitero para uso directo y aceitero para la elaboración de aceites (Friedmann & Penner, 2009).

2.11. Requerimientos edafoclimáticos

2.11.1. Precipitación

Ogunremi, (1985) afirma que el ajonjolí resiste a la sequía y la humedad relativa es desfavorable para su desarrollo, se adapta bien en climas cálidos con precipitaciones anuales de hasta 1000 mm.

Jara Sánchez & Díaz Acuña, (2005) mencionan es un cultivo anual y de días cortos. Se cultiva en ambientes subtropicales como tropicales, también se adapta a regiones con clima templado. El ajonjolí necesita una adecuada suplencia de agua, existen investigaciones que las precipitaciones de 300 – 500 mm es suficiente para obtener óptimos rendimientos, sin embargo, deben de ser bien distribuidos en su ciclo vegetativo. Susceptible con el encharcamiento (Mazzani, 1999).

2.11.2. Suelo

Ogunremi, (1985) afirma tiene un óptimo desarrollo en suelos bien drenados, moderadamente fértiles, textura media, con un pH del suelo que oscile entre 5.5 y 8.0. Jara Sánchez & Díaz Acuña, (2005) afirman en función a lo mencionado, este cultivo es de suelos livianos y fértiles debido a que es sensible a la asfixia radicular, tiene una ligera tolerancia a la salinidad.

El cultivo se adapta a distintos suelos, aunque responde muy bien a suelos con texturas franco arenoso y franco arcilloso con buena filtración de agua, en los suelos arenosos también se desarrolla bien pero las precipitaciones debe de ser abundante (Mazzani, 1999).

2.11.3. Temperatura

Falasca et al., (2010) mencionan las temperaturas ideales para el desarrollo del cultivo fluctúan entre los 25°C y 35°C, con mínimas de 10°C y máximas de 40°C. La germinación y el crecimiento se inhiben en temperaturas inferiores a los 18°C–20°C. Las bajas y altas temperaturas durante la floración pueden causar la esterilidad del polen y la caída de los frutos. El cultivo posee acame debido a los vientos fuertes.

2.11.4. Luminosidad

El ajonjolí es una planta de día corto, sin embargo, resultan variedades indiferentes al fotoperíodo, necesita largas duraciones de insolación.

2.11.5. Altitud y latitud

El cultivo posee adaptaciones de 0 – 600 msnm, encima de esta altura disminuyen los rendimientos.(FUNICA, 2007). Se desarrolla en una latitud de 40° norte y 30° sur, el ajonjolí se siembra en trópicos y subtrópicos (Ferré Alcántara et al., 2016).

2.11.6. Agua

Finol Martínez, (2001) afirma las necesidades hídricas son relativamente importantes en el cultivo de ajonjolí, cuando existe estrés hídrico surgen problemas significativos en su desarrollo y rendimiento. Las actividades metabólicas se ven afectadas como son: altura de la planta, profundidad de la raíz, desarrollo foliar (cobertura vegetal), floración, capsulas y rendimiento. Ahora bien si el suelo es arenoso las aplicaciones de riegos complementarios deben de ser necesarios para evitar el marchitamiento por falta de humedad en el suelo (Mazzani, 1999).

Gomes et al., (2014) citan gracias a su ventaja fisiológica, la elevada resistencia estomática, transpira un poco menos para resistir cuando las precipitaciones son escasas. Los primeros meses la planta requiere de 160 a 180 mm, pero es sensible a la salinidad del agua. La distribución adecuada de su ciclo puede ser: 35% en su formación de botones florales, 45% floración principal, 20% maduración de fruto y en la cosecha preferible un ambiente seco (Mazzani, 1999).

2.12. Manejo Agronómico

2.12.1. Desinfección de la semilla

Las semillas deben de ser tratadas para protegerlas durante las primeras semanas de emergencia, causadas por plagas y enfermedades, esta práctica es sumamente importante.(Carreño, 2013)

2.12.2. Preparación del terreno

Debido a la semilla del ajonjolí es pequeña, la preparación del terreno debe de ser cuidadosa, con suelo mullido y suelto para que la penetración y desarrollo de las raíces sea óptima, así mismo para la retención de agua y elementos nutritivos (Mazzani, 1999).

2.12.3. Siembra

La profundidad de la siembra es superficial de 3 a 5 cm para obtener buena germinación, emergencia y desarrollo del cultivo.(Mazzani, 1999) Para evitar arrastres de semillas cuando exista precipitaciones altas, se realiza siembras en camas o camellones (Pérez, 2010).

Se recomienda la época de siembra mediante el análisis del ciclo vegetativo del cultivo. La planificación de siembra se realiza en épocas lluviosas y cuando el cultivo empieza la etapa de maduración o cosecha coincide con la temporada seca (Mazzani, 1999).

2.12.4. Métodos de siembra

En monocultivo la siembra se realiza manual, semi-mecanizada y mecanizada.

- Máquinas con sembradoras especializadas
- Espeque
- A mano
- Al voleo

2.12.5. Densidad poblacional

Adebisi et al., (2005) mencionan respecto el efecto de la densidad de siembra sobre el comportamiento en el cultivo de ajonjolí, distintas referencias bibliográficas refieren a que un número de plantas por encima de las 270 000 plantas ha-1 puede llegar a repercutir negativamente sobre el rendimiento del grano.

Distancia entre hileras (50 a 70 cm), dependerá si la cosecha es manual o mecánica.(Villar Vera, 2019)

- Variedades con tallo principal: 8 a 11 plantas por metro lineal.(Villar Vera, 2019), recomendable (120000 - 150000 plantas/ha)
- Variedades ramificadas: 5 a 6 plantas por metro lineal.(Villar Vera, 2019), recomendable (80000 - 100000 plantas/ha)

Caliskan et al., (2004) afirman que existen evidencias de que la calidad del grano del sésamo se ve perjudicada cuando hay densidades de siembra por encima del óptimo, de manera que el

porcentaje en el aceite del grano puede verse disminuido mientras que el porcentaje de proteínas es incrementado.

2.12.6. Control de arvenses

A los 20 – 25 días después de la siembra el ajonjolí crece lento y no puede competir contra arvenses, cuando la planta crece los primeros 10 cm empieza un crecimiento elevado y oprime las arvenses, por esta razón los primeros días de siembra la parcela debe de estar libre de arvenses (Augstburger et al., 2000).

Para su manejo se considera infestaciones antiguas en la parcela para realizar una eficiencia de control: biológico e integrado, culturales y en casos extremos químicos. Cuando el control se realiza en momentos adecuados, las poblaciones de arvenses no ocasionan daños significativos (Tamayo, 2011).

2.12.7. Raleo

El raleo es una práctica cultural muy importante para mejorar el rendimiento, consiste en seleccionar las plantas más vigorosas y eliminar plántulas pequeñas o enfermas con el fin de aprovechar mejor manera el agua, luz, espacio y nutrientes. Con el objetivo de poseer un óptimo desarrollo para el cultivo. Esta practica sanitaria se realiza cuando las plántulas tienen 10 a 20 cm de altura o cuando el cultivo tiene de 10 a 18 días desde la germinación (Chemonics Internacional INC, 2009)

2.13. Extracción de nutrientes del suelo

Según (Bascones & Lopez Rita, 1961) en una investigación con una variedad aceitera, donde el rendimiento de la semilla de ajonjolí fue de 2200 Kg/ha, su extracción de nutrientes que obtuvieron de la planta son fueron: (Tabla 5)

Tabla 5. Extracción de nutrientes del suelo en el cultivo de ajonjolí.

	Kg/ha			
	Materia seca	N	P	K
Hojas	2058	34.98	12.30	16.74
Tallos	2846	10.24	7.94	42.98
Raíces	779	2.84	0.95	4.33
Cápsulas	4429	71.74	10.53	72.42
TOTAL	10112	119.80	31.82	136.47

Fuente: (Mazzani, 1999)

Según los datos de los autores el 40% de la materia seca total se encuentra en las cápsulas, de este porcentaje el 60% del peso es de las semillas, en si constituyen el 25% de la materia seca total (Mazzani, 1999).

El N está distribuido en altas concentraciones en las cápsulas y hojas a comparación del tallo y raíces, el 90% del N extraído del suelo por el ajonjolí se ubica en las hojas y cápsulas. En el P la cantidad extraída de la planta el 70% se encuentra en hojas y cápsulas, siendo mayor concentración en hojas. En el K la cantidad extraída de la planta consiste en los tallos y cápsulas con un 85% total de extracción. Las proporciones presentes en la materia seca de la cosecha es, 1.2N:0.3P:1.3K, información necesaria para una buena fertilización en el cultivo (Mazzani, 1999).

2.14. Fertilización

Zanvettor, (2020) afirma que en cuanto la nutrición mineral del cultivo no se debe descuidar la disponibilidad de nitrógeno, azufre, potasio, y fósforo, y micronutrientes como B, Zn, Cu, Mn, Mo.

La fertilización se aconseja aplicar 40-80 Kg de N por ha, la dosis cambia al momento de los análisis del suelo, su aplicación es óptimo cuando se pasa la rastra.(Astengo et al., 2010)

Para una producción ecológica existen utilidades de abonos verdes, aplicaciones de compost o la interacción del cultivo con leguminosas (Rodríguez Lucas, 2011).

2.15. Plagas y enfermedades

El ajonjolí tiene algunos enemigos biológicos que pueden lograr pérdidas en su producción, estos son la mosca blanca (*Bemisia tabaco*), gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) Coleoptera Scarabaeidae y los hongos del suelo, *Pseudocercospora sesami*, *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium oxysporum* Fernández & Lauretin, (2016).

2.15.1. Mosca blanca (*Bemisia tabaco*)

Este insecto de la familia Alleyridae perjudica a las hojas absorbiendo su savia, su principal daño es la transmisión de virus, es muy activo y se moviliza en distintos lugares con la ayuda del viento debido a que su movilización es débil. Posee 4 fases (huevo, larva, pupa y adulto). Oviposita sus huevos en el envés de la hoja (Vaca et al., 2001). (Figura 13)

Para su control cultural se elimina hospederos (familia solanácea), como rastrojos y rotación de cultivos. El uso de trampas de color amarilla aplicando miel o jabón para que el insecto quede pegado, el control se lo realiza en la noche moviendo las hojas para que el insecto quede pegado (Vaca et al., 2001).



Figura 13. Mosca blanca (*Bemisia tabaco*)

Fuente: (Queiroga et al., 2018)

2.15.2. (*Phyllophaga* spp.) Gallina ciega

La larva de este coleóptero posee una forma de C donde se alimenta de las raíces del cultivo causando severos daños, se desarrollan en el suelo en sus primeras etapas de crecimiento, donde provocan un atraso en su crecimiento y posteriormente la muerte de la planta. Su ciclo de vida dura de 1 a 2 años (Zamorano et al., 1996). (Figura 14)

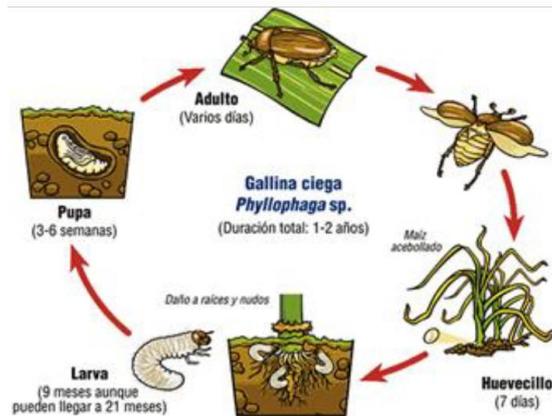


Figura 14. Ciclo de vida de la gallina ciega.

Fuente: (Queiroga et al., 2018)

2.15.3. *Pseudocercospora sesami*

Es un hongo que vive en el suelo, realiza manchas que a menudo son necrosis en las hojas, de forma irregular y de color café, ataca a la mayor parte de la hoja si las condiciones climáticas son húmedas. Se transmite mediante semillas o residuos del suelo de anteriores cultivos, se recomienda utilizar variedades resistentes y solarizar el suelo (Figura 15).



Figura 15. Mancha causada por *Pseudocercospora sesami*

Fuente: (Queiroga et al., 2018)

2.15.4. *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid

Este patógeno realiza una pudrición carbonosa en el tallo en cualquier etapa vegetativa, lesiones negruzcas en epicótilos e hipocótilos, obstrucción de los vasos del xilema y marchitamiento vascular en plántulas, decoloración en raíces y acame en plantas desarrolladas. El desarrollo de este hongo es causado por altas temperaturas y riego abundantes. Se recomienda dejar de sembrar ajonjolí por al menos 5 años para reducir el inóculo del hongo en el suelo (Queiroga et al., 2018). (Figura 16)



Figura 16. Planta con daño de pata negra en el cultivo de ajonjolí.

Fuente: (Inta, 2020)

2.15.5. Fusarium

Fusarium oxysporum, es un hongo que sobrevive en el cómo saprófito; en condiciones aptas posee la capacidad de ser patogénico a una amplia variedad de especies vegetales cultivadas, como es el ajonjolí causando pérdidas de importancia económica. Se clasifica en la subdivisión Deuteromycota (Fungi imperfecto) careciendo de reproducción sexual Ohara & Tsuge, (2004).

Baayen et al., (2000) mencionan que cuenta con bastante variabilidad y por su facilidad de dispersión puede infectar a más de 150 hospederos específicos. El *F. oxysporum* f. sp. *sesami*, provoca la enfermedad pudrición basal.

Según Pineda, (2002) los síntomas y signos de la enfermedad se caracterizan por el amarillamiento de hojas por un lado de la planta, donde se aprecia el encorvamiento de hojas, cápsulas y tallo. Las hojas se secan y surge un color pardo a lo largo del tallo, aparece un polvo rosado formado por el hongo, la enfermedad perjudica el tallo y muere la planta.

Fernández & Lauretin (2016) afirman el tallo muerto es vano y en sus paredes internas poseen coloración rosa causado por el patógeno. En las plántulas el hongo realiza necrosis en el tallo y causa la muerte en la planta. La semilla es abortada cuando el ataque es temprano.

Según Fravel et al., (2003) afirma que su control se realiza mediante aplicaciones de químicos en el suelo y de cultivares resistentes.

“ Para el control del fusarium y mancha negra en la base del tallo se recomienda el caldo de sulfocalcico, trichoderma y producto químico a base de cobre.”(Inta, 2020)

2.16. Cosecha

Shakeri et al., (2016) mencionan que los rendimientos dependen de la interacción de la genética con aspectos ambientales, y de muchos factores, llamados componentes, cuyos comportamientos dependerá de su rendimiento; en estudios sobre el ajonjolí en variadas condiciones ambientales y genéticas, donde se verá reflejado en el peso de las semillas y cantidad de cápsulas por planta.

Para la cosecha optima se debe de observar la maduración del cultivo, el corte ideal es cuando la planta llega a la madurez fisiológica, es decir, el 90% del cultivo posee un color amarillo, hojas, tallo y las cápsulas se abren en la parte baja del tallo.(Figura 17) Para evitar pérdidas considerables en la cosecha y poseer una producción de calidad se necesita proceder de la siguiente manera:(Ayala et al., 2010)



Figura 17. Dehiscencia de las cápsulas del cultivo de ajonjolí

Fuente: (Mazzani, 1999)

2.16.1. Cosecha manual

- Al momento de la cosecha se realiza en las mañanas, cortando los tallos a 25 cm por debajo de las primeras cápsulas.
- Realizar parvas utilizando las plantas cortadas atándolas en la parte del medio y arriba formando un cono para evitar pérdidas en la producción, de manera que las cápsulas

queden paradas, permitiendo que el aire entre favoreciendo el secado y evitar que llegue el moho. (Figura 18)



Figura 18. Realización de parvas para el secado del ajonjolí.

Fuente: (Ayala et al., 2010)

- Las parvas deben de someterse al sol por 15 días para que el secado sea completamente y ayude con el trillado, monitoreando de manera constante la cosecha.
- Trillar los granos en un ambiente seco y golpear las parvas para que las semillas salgan de la cápsula, seguidamente limpiar y zarandear las semillas con una malla fina. (Ayala et al., 2010) (Figura 19)



Figura 19. Trillado del ajonjolí.

Fuente: (Ayala et al., 2010)

2.16.2. Cosecha mecánica

La actividad presente se espera más tiempo que las cosechas manuales. Se realiza una aplicación de un desecante para que las plantas estén secas al 100% cuando las cápsulas están abiertas, las aberturas de las cápsulas son de abajo hacia arriba, si la cosecha se realiza cuando

los tallos aún están verdes, el jugo de los tallos humedece a las semillas causando acidez a su sabor (Villar Vera, 2019). (Figura 20)



Figura 20. Cosecha mecanizada del cultivo de ajonjolí.

Fuente: (Mazzani, 1999)

2.16.3. Almacenamiento

Se realizan en plantas procesadoras, no se realizan aplicaciones de químicos y vigilan el ataque de ratas. Las semillas se las ingresa a tolvas con aire de presión para su limpieza de impurezas (Vaca et al., 2001). Su procesamiento tiene dos finalidades:

- Exportaciones internacionales.
- Industrialización de aceites y subproductos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y caracterización del área experimental

3.1.1. Descripción de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la granja Santa Inés ubicada a 5.5 Km de la vía Machala – Pasaje, parroquia El Cambio, cantón Machala, de la provincia de El Oro de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. (Figura 21)

3.1.2. Ubicación Geográfica

Tabla 6. Coordenadas longitud, latitud y altitud.

	Geográficas	UTM
Longitud	79°54'43'' W	9636128
Latitud	03°17'18'' S	620701
Altitud	11 msnm	

Fuente: Autor



Figura 21. Ubicación del Área Experimental

Fuente: (Google Earth, 2021)

3.1.3. Caracterización del área experimental

La zona del área experimental mediante los registros de INAMHI posee una temperatura media anual de 25°C, con precipitaciones medias anuales de 427 mm y heliódica de 2 a 3 horas al día. El suelo presenta un orden Inceptisol, formación aluvial, clase textural franco arcillo-arenosa y franco arenoso. Su pH es de 7.0 a 7.9, materia orgánica y conductividad eléctrica baja (Villaseñor et al., 2015).

3.2. Diseño experimental

Para el presente trabajo de investigación se utilizó un diseño en bloque completo completamente al azar, donde existe 2 factores controlados (cultivares de ajonjolí y distancia de siembra) y el factor no controlado (fertilidad del suelo), estableciendo 4 réplicas por cada combinación. (Tabla 7)

Tabla 7. Combinaciones de cultivares y distancia de siembra.

Cultivares (Versiones)	Distancia de siembra (Niveles)	Combinaciones
Negra (a1)	0.40 m entre planta X 0.40 m entre hilera. (b1)	a₁b₁
Blanca (a2)	0.30 m entre planta X 0.40 m entre hilera. (b2)	a₁b₂
Café (a3)		a₂b₁
		a₂b₂
		a₃b₁
		a₃b₂

Fuente: Autor

El presente estudio consiste en la combinación de cada uno de los cultivares de ajonjolí con dos distancias de siembra, adquiriendo seis combinaciones. A los 90 días se mide las variables (altura de planta, número de ramas y número de nudos reproductivos). A los 110 días se miden las variables (cápsulas totales, cápsulas de tallo principal y cápsulas de ramas productivas). Y las variables a medir postcosecha son (semillas por cápsula y peso de 1000 semillas).

El experimento contó con 24 unidades experimentales, separadas a 0.6 m entre parcelas y entre bloques, las medidas de las unidades experimentales son 1.2 m de ancho y largo. El área total del experimento es de 6.6 m de ancho y 10.2 m de largo. (Figura 22)

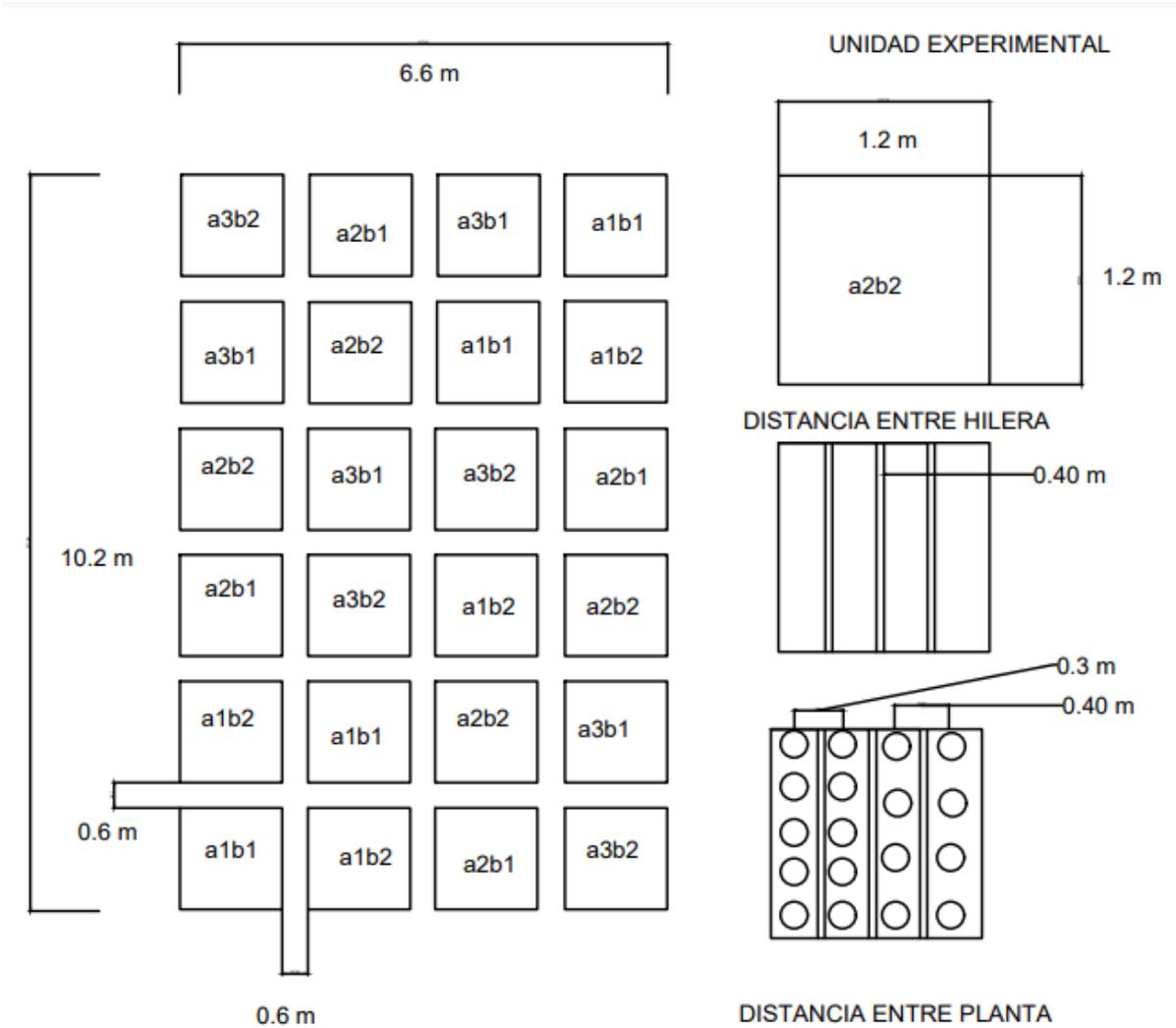


Figura 22. Croquis del diseño experimental y la distribución al azar de las combinaciones de cultivares y distancias de siembra.

3.2.1. Cultivares utilizados

Existen distintos cultivares de ajonjolí que se puede clasificar según sus características. Según el color: Existen tonos blancos, negro, crema, café y rojizos. (Figura 22)



Figura 23. Cultivares utilizados en la investigación

Son de ciclo intermedio y largo (90-120 días), la estatura es normal y tipo gigante (1.7 – 2.5 m), ramificada o con tallo principal, sus hojas son de color verde claro y oscuro, el color de la corola es blanco con el labio inferior coloreado rosado. En el tallo, hojas y flores carecen de pubescencia, cápsulas color pajizo cuando maduran, la cantidad de cápsulas varían dependiendo de factores edafoclimáticos y si la planta es ramificada.

3.2.2. Especificidades del experimento

A continuación, se presenta todas las especificidades del área experimental. (Tabla 8)

Tabla 8. Especificidades del experimento.

Área total del experimento.	67.32 m ²
Área neta del experimento.	34.56 m ²
Número de bloques.	4
Espacio entre bloques.	0.6 m
Número de unidades experimentales.	24
Área de la unidad experimental.	1.44 m ²
Número de surco por unidad experimental.	4
Distancia entre surco.	0.4 m ²
Distancia entre planta.	0.3 m ² y 0.4 m ²

Fuente: Autor

3.2.3. Modelo matemático

Modelo matemático del experimento factorial en bloque completo completamente al azar.
(Figura 23)

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Lectura del i sujeto bajo la combinación del j nivel o versión del factor de estudio A y el k nivel o versión del factor de estudio B (Variable dependiente medida o evaluada).

μ : Media poblacional de la variable de respuesta.

α_j : Indica el efecto del j nivel o versión del factor A.

β_k : Indica el efecto del k nivel o versión del factor B.

$(\alpha\beta)_{jk}$ Indica el efecto de interacción entre el j nivel o versión del factor de estudio A y el k nivel o versión del factor de estudio B.

e_{ijk} : Error experimental en el i sujeto asociado a la combinación del j nivel o versión del factor A y el k nivel o versión del factor B .

Figura 24. Modelo matemático del diseño experimental.

3.3. Manejo del experimento



Figura 25. Asignación del área de investigación y diseño experimental a cargo del tutor.

Fuente: Autor

3.3.1. Limpieza del terreno

Eliminación de arvenses que se encontraban en el área experimental y dispuesto para la preparación del suelo. (Figura 24)



Figura 26. Limpieza del área experimental

Fuente: Autor

3.3.2. Medición del terreno

Mediciones del área experimental con colocaciones de estacas para concretar el lugar de investigación. (Figura 25)



Figura 27. Medición del área experimental.

Fuente: Autor

3.3.3. Medición de unidades experimentales

Se procedió a realizar las mediciones de cada unidad experimental, con la ayuda de una cinta métrica, estacas y piola. (Figura 26)



Figura 28. Medición de las unidades experimentales.

Fuente: Autor

3.3.4. Preparación del suelo

Estructuración del suelo de 20 cm de profundidad para estimular la actividad de microorganismos del suelo y nivelación del terreno. (Figura 27)



Figura 29. Estructuración del suelo del área experimental

Fuente: Autor

3.3.5. Siembra

La siembra se realizó directamente, tres semillas por hueco. Debido a su tamaño la profundidad de siembra es casi superficial, pero tiene una germinación sumamente fuerte. (Figura 28)



Figura 30. Siembra y riego del cultivo de ajonjolí

Fuente: Autor

3.3.6. Germinación y emergencia del cultivo

Germinación a los 3 días después de la siembra y emergencia de plántulas a los 7 días después de la siembra. (Figura 29)



Figura 31. Germinación y emergencia del cultivo de ajonjolí.

Fuente: Autor

3.3.7. Inicio de la floración

A los 35 días después de la siembra comenzó el inicio de la floración, en esta etapa el cultivo necesitó más necesidades hídricas. (Figura 30)



Figura 32. Inicio de la floración del cultivo.

Fuente: Autor

3.3.8. Raleo

Selección de las mejores plántulas vigorosas y eliminación de plántulas enfermas, con el objetivo de que aprovechen los espacios de agua en el suelo, luz y nutrientes para el desarrollo de plántulas fuertes y sanas. (Figura 31)



Figura 33. Raleo de plántulas del cultivo de ajonjolí.

Fuente: Autor

3.3.9. Control de arvenses

Debido al tamaño de la semilla de ajonjolí, en los primeros 25 días su desarrollo es lento por lo tanto no puede competir con arvenses. Por lo tanto, el área experimental se mantuvo libre de arvenses. Su manejo eficiente se realizó mediante controles culturales aplicados en momentos precisos, con controles de poblaciones de arvenses en niveles que no perjudiquen al cultivo. (Figura 32)



Figura 34. Control de arvenses

Fuente: Autor

3.3.10. Desarrollo del cultivo

Evolución del ajonjolí en óptimas condiciones con la realización de manejos agronómicos (raleo, riego, control de arvenses). (Figura 33)



Figura 35. Desarrollo del cultivo de ajonjolí.

Fuente: Autor

3.3.11. Floración

Floración total y llenado del fruto del cultivo de ajonjolí. (Figura 34)



Figura 36. Floración total del cultivo de ajonjolí.

Fuente: Autor

3.3.12. Cosecha

Se realiza al momento de que las hojas y los tallos comienzan a volverse amarillos, cuando las flores empiezan a caerse y cuando las cápsulas empiezan a abrirse. El corte del tallo se realiza a 10 cm de altura del suelo, a continuación, se deja manojos pequeños de uno a tres días, esta actividad ayuda a la aceleración de maduración de la planta, el secado de las cápsulas, evita el manchado de la semilla y facilitación del emparve. (Figura 35)



Figura 37. Cosecha del cultivo de ajonjolí

Fuente: Autor

3.3.12.1. Emparve

Consiste en ubicar parados los manojos con una inclinación, esta actividad ayuda al secado de las cápsulas y la caída de las semillas, las puntas deben de amarrarse para evitar que el viento perjudique la cosecha. (Figura 36)



Figura 38. Emparve en el cultivo de ajonjolí.

Fuente: Autor

3.3.12.2. Secado cápsulas

Debido a los problemas climáticos el secado de las cápsulas no se realizó en el área de estudio, sin embargo, se procedió el secado en una terraza. (Figura 37)



Figura 39. Secado de las cápsulas del cultivo.

Fuente: Autor

3.4. Medición de las variables controladas

3.4.1. Variables antes de la cosecha

Toma de datos a los 90 días desde la siembra.

3.4.1.1. Altura de la planta

La primera variable se realizó mediante una cinta métrica desde la base del tallo hasta la parte apical de la planta, se evaluaron 10 plantas al azar en cada combinación.

3.4.1.2. Número de ramas

Conteo de número de ramas productivas cuando las plantas estuvieron en estado de madurez fisiológica, se evaluaron 10 plantas al azar en cada combinación.

3.4.1.3. Número de nudos reproductivos

Se realizó el conteo de los nudos reproductivos en 10 plantas seleccionadas al azar en cada combinación.

3.4.2. Variables a la cosecha

Toma de datos a los 110 días desde la siembra.

3.4.2.1. Cápsulas totales

El número de cápsulas dependerá del tipo de crecimiento de la variedad, el conteo se realizó en toda la planta en tallo principal y en ramas productivas, la evaluación fue de 10 plantas al azar de cada combinación.

3.4.2.2. Cápsulas tallo principal

Se realizó el conteo del número de cápsulas en el tallo principal, se evaluaron 10 plantas al azar en cada combinación.

3.4.2.3. Cápsulas de ramas productivas

El conteo se realizó en las ramas productivas de cada planta al azar de cada combinación.

3.4.3. Variables postcosecha

3.4.3.1. Semillas por cápsula

Después de 10 días secándose las cápsulas ya se observaba que las cápsulas empezaban a abrirse, de manera que se realizó el conteo de semillas de las cápsulas, el cual fueron 10 plantas seleccionadas al azar en cada combinación. El número de semillas dependerá del manejo del cultivo y la variedad.

3.4.3.2. Peso de 1000 semillas

Se procedió a contabilizar 1000 semillas en cada una de las 10 plantas al azar de las combinaciones de todas las unidades experimentales y se procedió a pesar.

3.4.3.3. Rendimiento agrícola

Se procedió a sumar el peso de las 1000 semillas de todas las combinaciones y convertir el peso de gramos a toneladas mientras que el área de las unidades experimentales se transformó a hectáreas para determinar el rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$) de las combinaciones de la investigación.

3.5. Procedimiento estadístico

La descripción estadística de cada combinación (cultivar-densidad de siembra) se realizó con el cálculo de medidas de centralización y variabilidad, entre las que se encuentran media, varianza y desviación típica o estándar.

Para conocer si se presenta o no diferencias significativas entre las combinaciones a_1b_1 (cultivar negra-40 cm x 40 cm) , a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm), a_2b_1 (cultivar blanca-40 cm x 40 cm), a_2b_2 (cultivar blanca-30 cm x 40 cm), a_3b_1 (cultivar café-40 cm x 40 cm) y a_3b_2 (cultivar café-30 cm x 40 cm), en función a la Altura de la planta, Número de ramas, Número de nudos reproductivos, Cápsulas totales, Cápsulas tallo principal, Cápsulas de ramas productivas, Semillas por cápsula, Peso de 1000 semillas y Rendimiento agrícola, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) factorial inter-grupos, previo cumplimiento a los supuestos de independencia de errores, normalidad de datos y homogeneidad de varianzas.

En caso de presentarse diferencias significativas entre las combinaciones y las variables medidas se aplicó la prueba de rango y comparaciones múltiples de Dúncan, con la finalidad de conformar subconjuntos homogéneos y establecer las posibles diferencias o similitudes entre ellas.

La representación gráfica de los resultados obtenidos se realizó mediante gráficos de barras simples, en los cuales, letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre las combinaciones.

El procesamiento de datos se realizó con la utilización del programa estadísticos SPSS versión 25 de prueba para Windows y una confiabilidad en la estimación del 95% ($\alpha=0,05$)

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Influencia de cultivares de ajonjolí y distancias de siembra en variables morfológicas a los 90 días de efectuada la siembra

Determinar la influencia de la combinación de cultivares de ajonjolí (negra, blanca y café) y distancias de siembra (40 cm x 40 cm y 40 cm x 30 cm) en variables morfológicas (altura de la planta, número de ramas productivas y número de nudos reproductivos) a los 90 días de efectuada la siembra.

4.1.1. Altura de planta a los 90 dds

El ANOVA de un factor intergrupos demuestra que se presentan diferencias altamente significativas entre las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en función de la altura de la planta a los 90 días después de la siembra (dds), ya que el p-valor obtenido (0,000) es menor a alfa (0,05); por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una de las medias es diferente (Tabla 9).

Tabla 9. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en la altura de la planta de ajonjolí a los 90 dds.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Estadístico F	p-valor
Entre grupos	61595,846	5	12319,169	15,385	0,000
Dentro de grupos	174556,994	218	800,720		
Total	236152,839	223			

Los resultados obtenidos en la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan para la variable altura de la planta a los 90 (dds), muestra que la combinación a_3b_1 (cultivar café-40 cm x 40 cm) alcanzó la mayor altura (220 cm), no diferente estadísticamente a las combinaciones a_2b_2 (cultivar blanca-30 cm x 40 cm), a_2b_1 (cultivar blanca-40 cm x 40 cm) y a_3b_2 (cultivar café-30 cm x 40 cm) que alcanzaron 218, 217 y 210 cm respectivamente; sin embargo, las cuatro combinaciones presentan diferencias significativas con las combinaciones a_1b_1 (cultivar negra-40 cm x 40 cm) y a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm) con alturas de planta de 189 y 174 cm respectivamente (Figura 38).

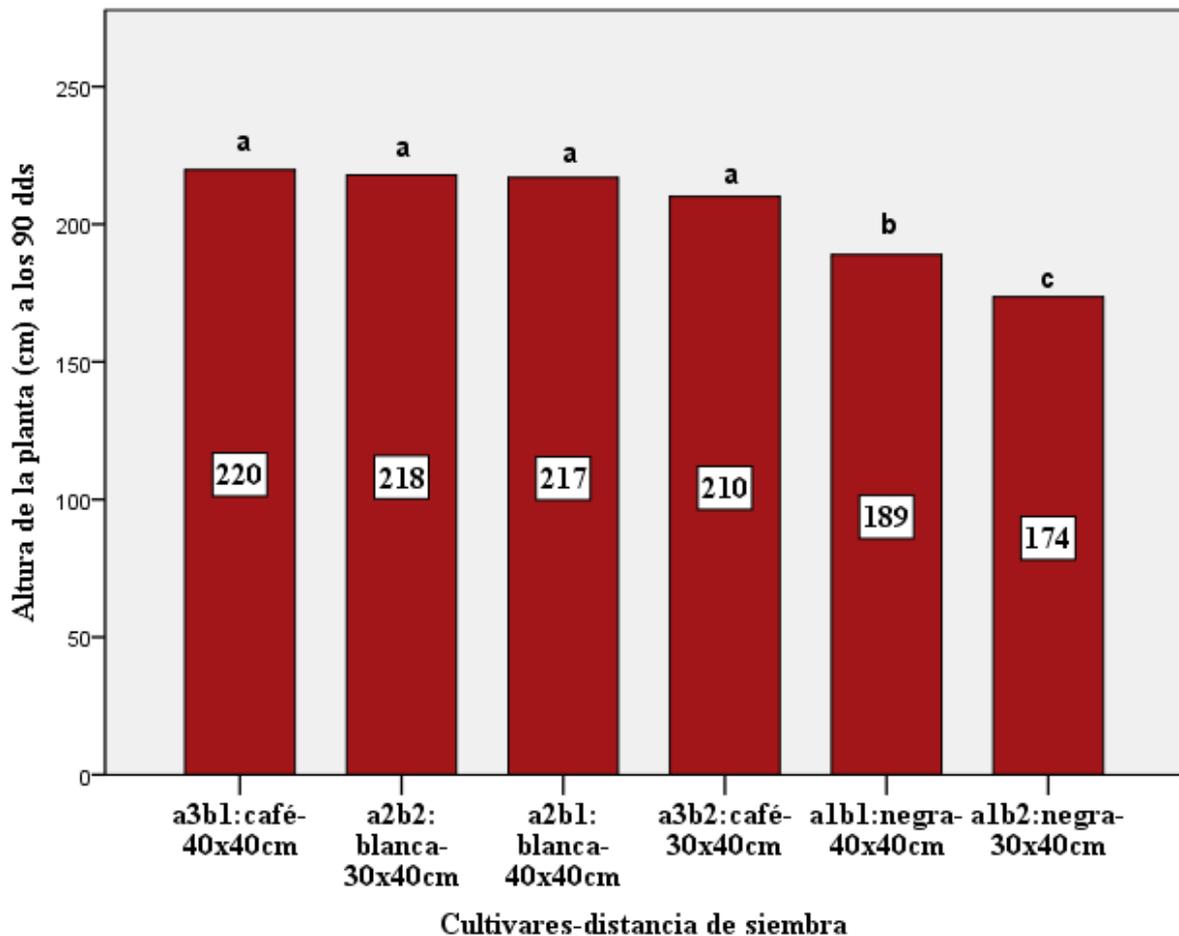


Figura 40. Comportamiento de las combinaciones en relación a la altura de la planta a los 90 días (dds)

*Letras diferentes difieren estadísticamente para p -valor $< 0,05$ (Prueba Duncan).

El cultivar café-40x40cm muestra un resultado de 220 cm de altura a los 90 dds, en un estudio similar de (Zárate et al., 2011) presenta una media de 229 cm con densidades de 0.30x0.40cm bajo condiciones climáticas variadas, donde al principio de la siembra presentaba lluvias abundantes y en el momento de la floración fue necesario realizar riegos adicionales.

En una investigación de (Beltrão & Viera, 2001) indican que los cultivares de escasez de ramas secundarias logran alcanzar una altura de 300 cm, bajo condiciones de suelos franco arenosos y abundantes precipitaciones.

El cultivar de semilla negra posee una altura baja por su crecimiento ramificado a diferencia de las demás combinaciones que sólo poseen un tallo erecto.

4.1.2. Número de ramas productivas a los 90 dds

El ANOVA de un factor intergrupos demuestra que se presentan diferencias altamente significativas entre las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en función del número de ramas productivas a los 90 dds, ya que el p-valor obtenido (0,000) es menor a alfa (0,05); por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una de las medias es diferente (Tabla 10).

Tabla 10. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en el número de ramas productivas a los 90 dds.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Estadístico F	p-valor
Entre grupos	178,581	5	35,716	21,349	0,000
Dentro de grupos	364,700	218	1,673		
Total	543,281	223			

Los resultados obtenidos en la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan para la variable del número de ramas de la planta a los 90 (dds), muestra que las combinaciones a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm) y a_1b_1 (cultivar negra-40 cm x 40 cm) alcanzan un número de ramas (3), este tipo de cultivar presenta diferencias estadísticas con las demás combinaciones, a_2b_1 (cultivar blanco-40 cm x 40 cm), a_2b_2 (cultivar blanco-30 cm x 40 cm), a_3b_1 (cultivar café-40 cm x 40 cm) y a_3b_2 (cultivar café-30 cm x 40 cm) alcanzando solamente un número de rama productiva (Figura 39).

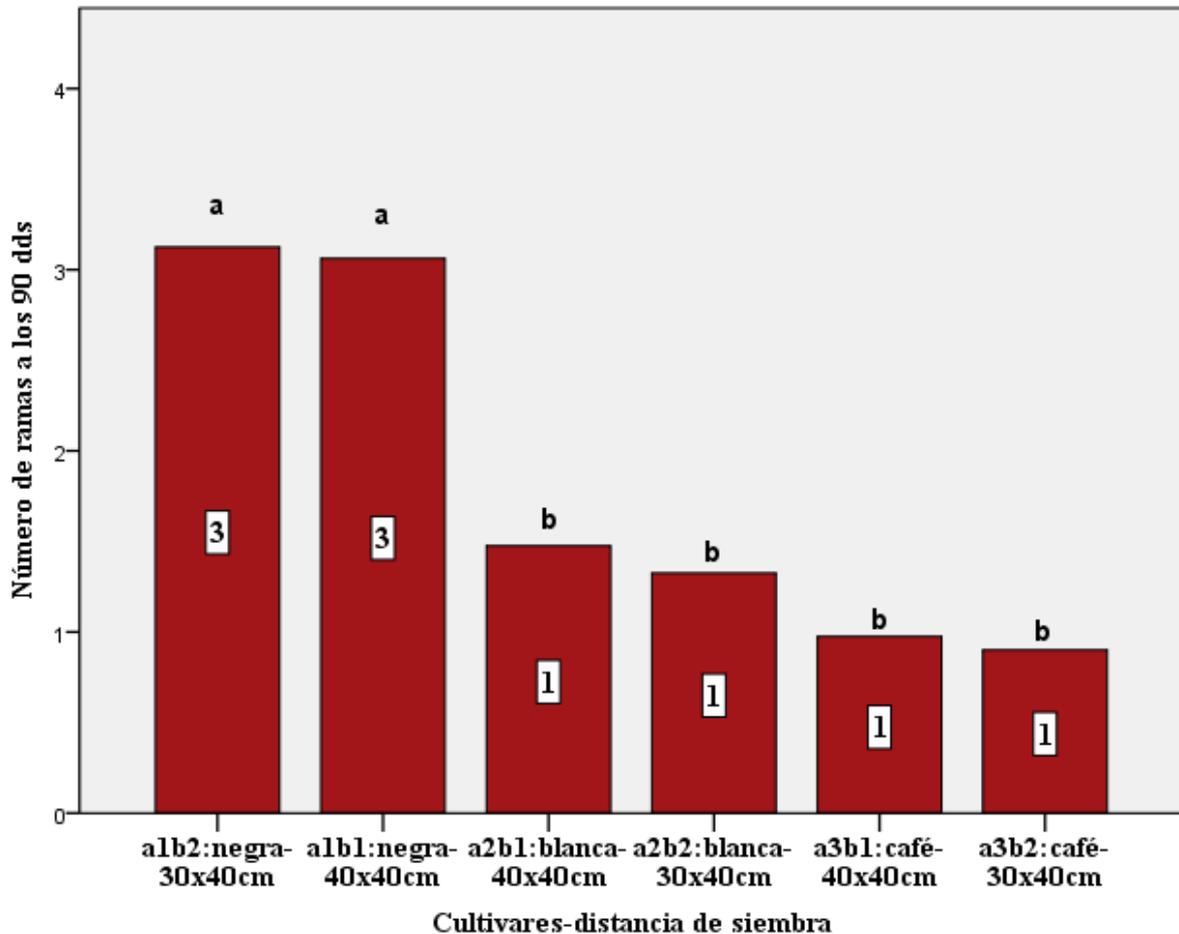


Figura 41. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de ramas por planta.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para p-valor < 0,05 (Prueba Duncan).

El número de ramas que muestran los resultados entre 3 y 1, en un estudio similar por (Alvarado Díaz et al., 2000) señalan que en densidades de siembra de 55x16cm presenta 2 ramas secundarias a una altitud de 60 msnm bajo las condiciones de un tipo de bosque seco tropical y suelos drenados.

4.1.3. Número de nudos reproductivos a los 90 dds

El ANOVA de un factor intergrupos demuestra que se presentan diferencias altamente significativas entre las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en función al número de nudos reproductivos a los 90 dds, ya que el p-valor obtenido (0,000) es menor a alfa (0,05); por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una de las medias es diferente (Tabla 11).

Tabla 11. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en el número de nudos reproductivos en la planta de ajonjolí a los 90 dds.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Estadístico F	p-valor
Entre grupos	107879,541	5	21575,908	37,632	0,000
Dentro de grupos	124986,387	218	573,332		
Total	232865,929	223			

Los resultados obtenidos en la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan para la variable del número de nudos reproductivos a los 90 dds, muestra que las combinaciones a_1b_1 (cultivar negra-40 cm x 40 cm) y a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm) presentan diferencias significativas con las combinaciones restantes debido a que poseen mayor cantidad de ramas productivas; a_3b_1 (cultivar café-40 cm x 40 cm), a_2b_1 (cultivar blanca-40 cm x 40 cm), a_2b_2 (cultivar blanca-30 cm x 40 cm) y a_3b_2 (cultivar café-30 cm x 40 cm), presentan un número de nudos reproductivos de 55, 51, 51 y 47 respectivamente (Figura 40).

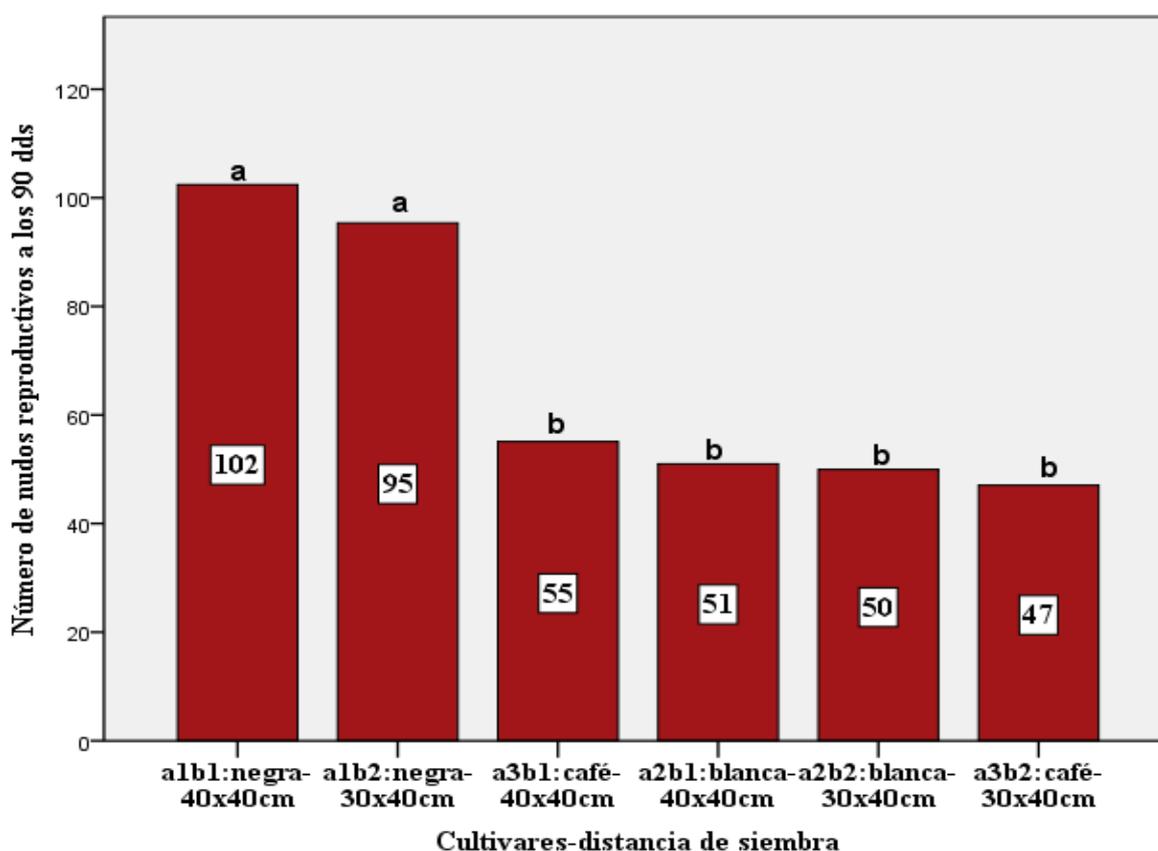


Figura 42. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de nudos reproductivos del cultivo de ajonjolí.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para p -valor $< 0,05$ (Prueba Duncan).

La presencia de ramas productivas en las plantas aumenta la cantidad de nudos reproductivos, es el caso de las combinaciones a_1b_1 y a_1b_2 . Según (Vargas & Blanco, 2002) en un estudio similar con una distancia de siembra de 30x30cm presentan resultados de 48 nudos reproductivos por planta donde la variedad INTA Aj-2000 no presentaba ramas secundarias por ende la similitud de resultados en las combinaciones a_3b_1 , a_2b_1 , a_2b_2 y a_3b_2 por su escasez de ramas productivas; bajo las condiciones de zonificación ecológica del tipo de bosque subtropical seco, una altitud de 80 msnm y una temperatura media de 28°C.

4.2. Influencia de cultivares de ajonjolí y distancias de siembra en variables productivas a los 110 días dds y poscosecha

Demostrar la incidencia de la combinación de cultivares de ajonjolí y distancias de siembra en parámetros productivos (cápsulas totales, del tallo principal y de ramas productivas a los 110 días, así como, semillas por cápsula y rendimiento agrícola a la cosecha.

4.2.1. Número de cápsulas totales a los 110 dds

El ANOVA de un factor intergrupos demuestra que se presentan diferencias altamente significativas entre las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en función del número de cápsulas totales de la planta a los 110 días después de la siembra (dds), ya que el p -valor obtenido (0,000) es menor a alfa (0,05); por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una de las medias es diferente (Tabla 12).

Tabla 12. ANOVA factorial inter-grupos que evidencia el efecto de las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en el número de cápsulas totales en la planta de ajonjolí a los 110 dds.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Estadístico F	p-valor
Entre grupos	472336,454	5	94467,291	43,197	0,000
Dentro de grupos	476738,100	218	2186,872		
Total	949074,554	223			

Los resultados obtenidos en la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan para la variable del número de cápsulas totales por planta a los 110 (dds), muestra que la combinación a_1b_1 (cultivar negra-40 cm x 40 cm) logra la mayor cantidad de cápsulas totales (237) donde presenta diferencias significativas con las combinaciones restantes. La combinación a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm) alcanza un número de cápsulas totales de 186; la reducción de la distancia de siembra entre planta (30 cm) afectó al rendimiento de cápsulas totales; sin embargo, la combinación a_3b_1 (cultivar café-40 cm x 40 cm) presentó un número de cápsulas totales de 124, no diferente estadísticamente a las combinaciones a_2b_1 (cultivar blanca-40 cm x 40 cm), a_2b_2 (cultivar blanca-30 cm x 40 cm) y a_3b_2 (cultivar café-30 cm x 40 cm) que alcanzaron la cantidad de cápsulas totales 116, 112 y 108 respectivamente (Figura 41).

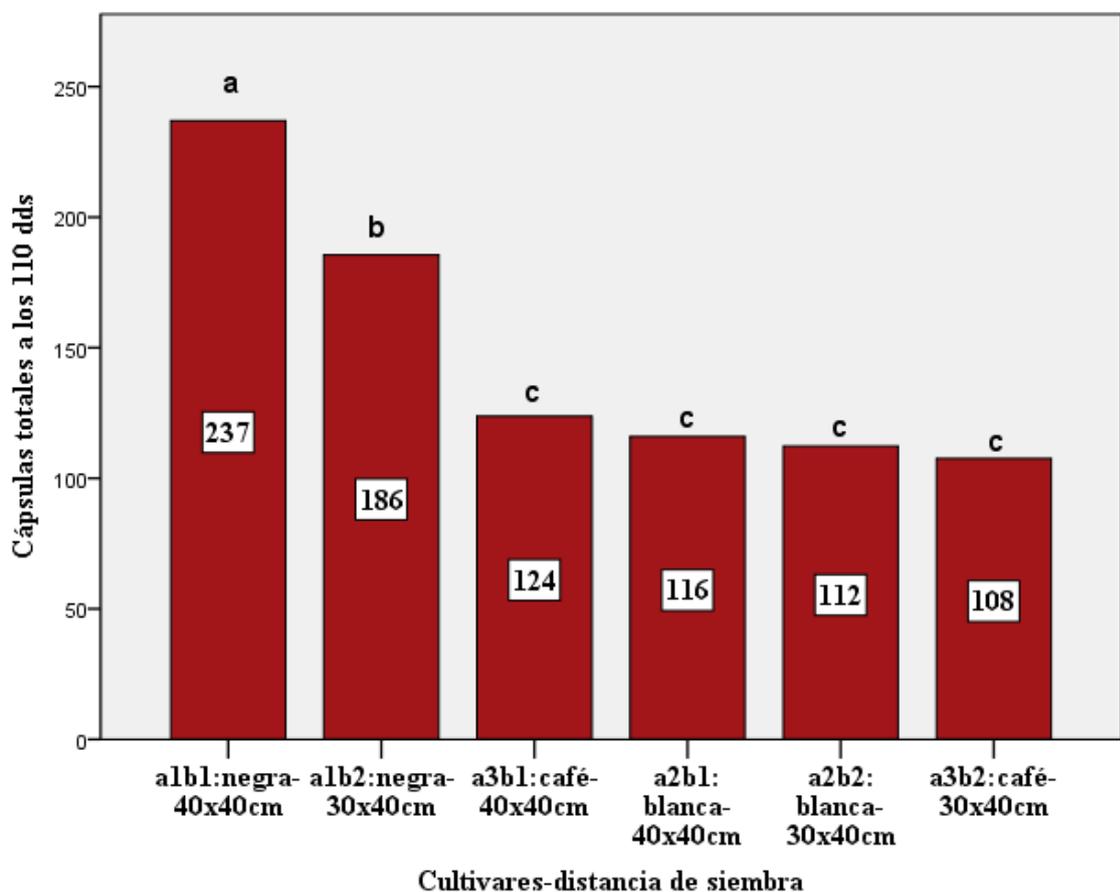


Figura 43. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de cápsulas totales del cultivo de ajonjolí.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para p -valor $< 0,05$ (Prueba Duncan).

En la combinación a_1b_1 negra-40x40cm se presentan 237 cápsulas totales, en un estudio similar de (Oviedo de Crisaldo, 2007) con diferencias estadísticas significativas en sus distintas densidades de siembra se aprecia un resultado similar con cultivar ramificado de 220 cápsulas totales, con una densidad de (40 cm x 50 cm), bajo condiciones altas de precipitación cabe mencionar que el número de cápsulas es elevado debido a que los cultivares poseen ramas productivas.

4.2.2. Número de cápsulas del tallo principal a los 110 dds

El ANOVA de un factor intergrupos demuestra que se presentan diferencias altamente significativas entre las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en función del número de cápsulas del tallo principal de la planta a los 110 días después de la siembra (dds), ya que el p -valor obtenido (0,049) es menor a alfa (0,05); por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una de las medias es diferente (Tabla 13).

Tabla 13. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en el número de cápsulas del tallo principal del cultivo de ajonjolí a los 110 dds.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Estadístico F	p-valor
Entre grupos	8778,969	5	1755,794	1,445	0,049
Dentro de grupos	264839,813	218	1214,862		
Total	273618,781	223			

Los resultados obtenidos en la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan para la variable del número de cápsulas del tallo principal a los 110 (dds), muestra que la combinación a_1b_1 (cultivar negra-40 cm x 40 cm) tiene una adaptación favorable para el desarrollo de cápsulas del tallo principal (96), donde presenta diferencias significativas con las combinaciones restantes a_3b_1 (cultivar café-40 cm x 40 cm), a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm), a_3b_2 (cultivar café-30 cm x 40 cm), a_2b_1 (cultivar blanca-40 cm x 40 cm) y a_2b_2 (cultivar

blanca-30 cm x 40 cm) con un número de cápsulas del tallo principal de 87, 87, 81, 79, y 77 respectivamente (Figura 42).

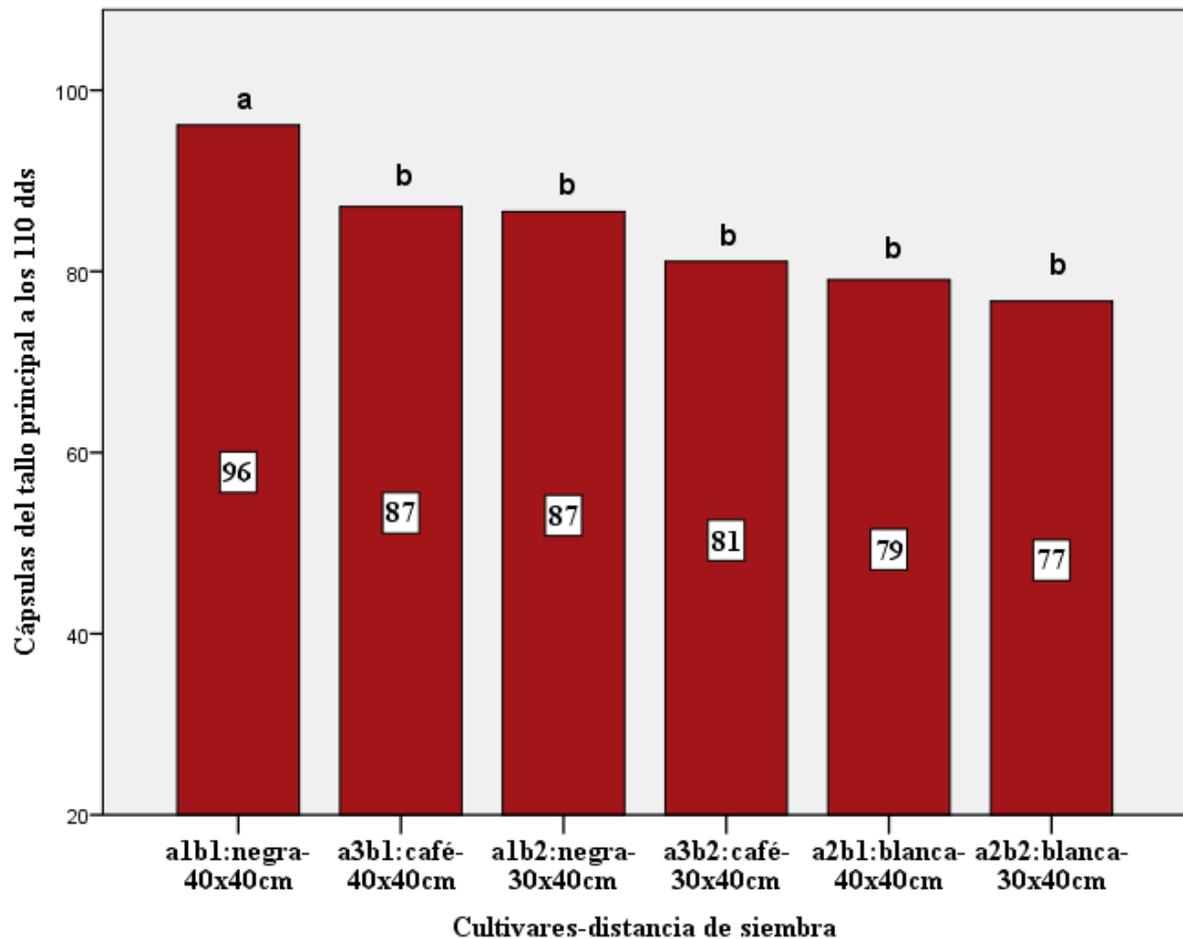


Figura 44. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de cápsulas del tallo principal del cultivo de ajonjolí.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para p-valor < 0,05 (Prueba Duncan).

La combinación a₁b₁ negra-40x40cm presenta un resultado de 96 cápsulas en el tallo principal. En un estudio similar de (Vargas & Blanco, 2002) para la variable de cápsulas del tallo principal donde difieren estadísticamente, indica un resultado de (94) cápsulas en el tallo principal con una densidad de (30 cm x 30 cm) donde la variedad INTA Aj-2000 no presentaba ramas secundarias, bajo las condiciones de zonificación ecológica del tipo de bosque subtropical seco, una altitud de 80 msnm y una temperatura media de 28°C.

4.2.3. Número de cápsulas en ramas productivas a los 110 dds

El ANOVA de un factor intergrupos demuestra que se presentan diferencias altamente significativas entre las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en función del número de cápsulas de ramas productivas de la planta a los 110 días después de la siembra (dds), ya que el p-valor obtenido (0,000) es menor a alfa (0,05); por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una de las medias es diferente (Tabla 14).

Tabla 14. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones *de* cultivares y distancias de siembra del número de cápsulas de ramas productivas del cultivo de ajonjolí a los 110 dds.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Estadístico F	p-valor
Entre grupos	359754,570	5	71950,914	48,478	0,000
Dentro de grupos	323556,788	218	1484,205		
Total	683311,357	223			

Los resultados obtenidos en la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan para la variable del número de cápsulas de ramas productivas a los 110 (dds), muestra que la combinación a_1b_1 (cultivar negra-40 cm x 40 cm) alcanzó el mayor número de cápsulas en ramas productivas (138), donde presenta diferencias significativas con la combinación a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm) de 101 cápsulas en ramas productivas y las combinaciones restantes a_2b_1 (cultivar blanca-40 cm x 40 cm), a_3b_1 (cultivar café-40 cm x 40 cm), a_2b_2 (cultivar blanca-30 cm x 40 cm) y a_3b_2 (cultivar café-30 cm x 40 cm) presentando número de cápsulas de ramas productivas de 37, 37, 36 y 26 respectivamente (Figura 43).

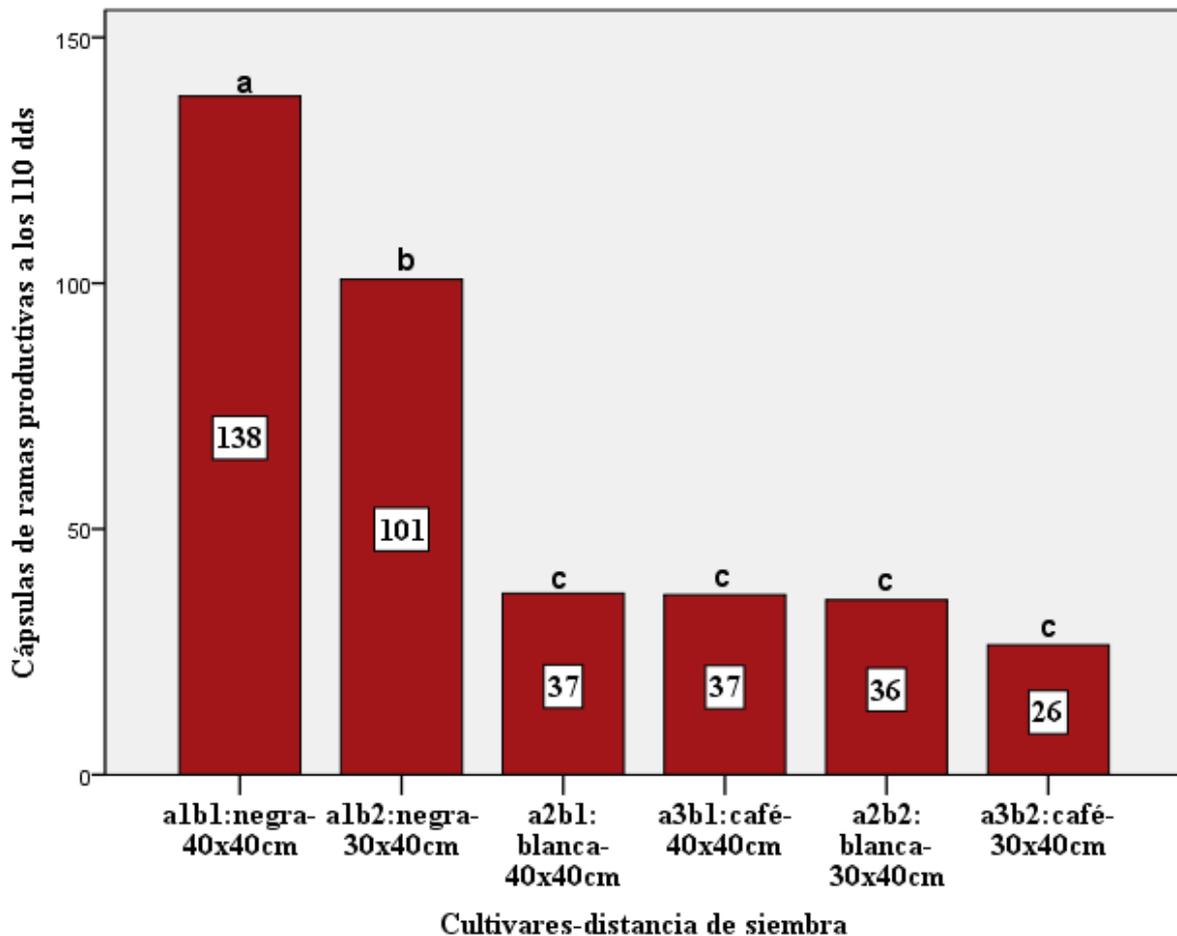


Figura 45. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de cápsulas de ramas productivas del cultivo de ajonjolí.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para p-valor < 0,05 (Prueba Duncan).

La combinación a₁b₁ negra-40x40cm presenta 138 cápsulas en 3 ramas productivas, con un estudio similar Alvarado Díaz et al. (2000) presentó resultados de 120 cápsulas en 4 ramas productivas con una densidad poblacional de 30x30cm, bajo las condiciones de suelos bien drenados y un tipo de bosque seco tropical.

Se recomienda incrementar las densidades de siembra al realizar investigaciones con cultivares ramificadas para evitar competencias de nutrientes en el suelo.

4.2.4. Semillas por cápsula

El ANOVA de un factor intergrupos demuestra que se presentan diferencias altamente significativas entre las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en función del número de semillas por cápsula (poscosecha), ya que el p-valor obtenido (0,000) es menor a

alfa (0,05); por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una de las medias es diferente (Tabla 15).

Tabla 15. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones de cultivares y distancias de siembra del número de semillas por cápsula del cultivo de ajonjolí (poscosecha).

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Estadístico F	p-valor
Entre grupos	6471,173	5	1294,235	77,247	0,000
Dentro de grupos	9952,160	594	16,754		
Total	16423,333	599			

Los resultados obtenidos en la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan para la variable de número de semillas por cápsulas (poscosecha), muestra que las combinaciones a_1b_1 (cultivar negra-40 cm x 40 cm), a_3b_2 (cultivar café-30 cm x 40 cm) y a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm) presentan las mayores cantidades de semillas por cápsula de (95), no diferente estadísticamente entre las tres combinaciones; sin embargo, las tres combinaciones presentan diferencias significativas con las combinaciones a_2b_1 (cultivar blanca-40 cm x 40 cm), a_2b_2 (cultivar blanca-30 cm x 40 cm) y a_3b_1 (cultivar café-40 cm x 40 cm) con un número de semillas por cápsula de 90, 89 y 87 respectivamente (Figura 44).

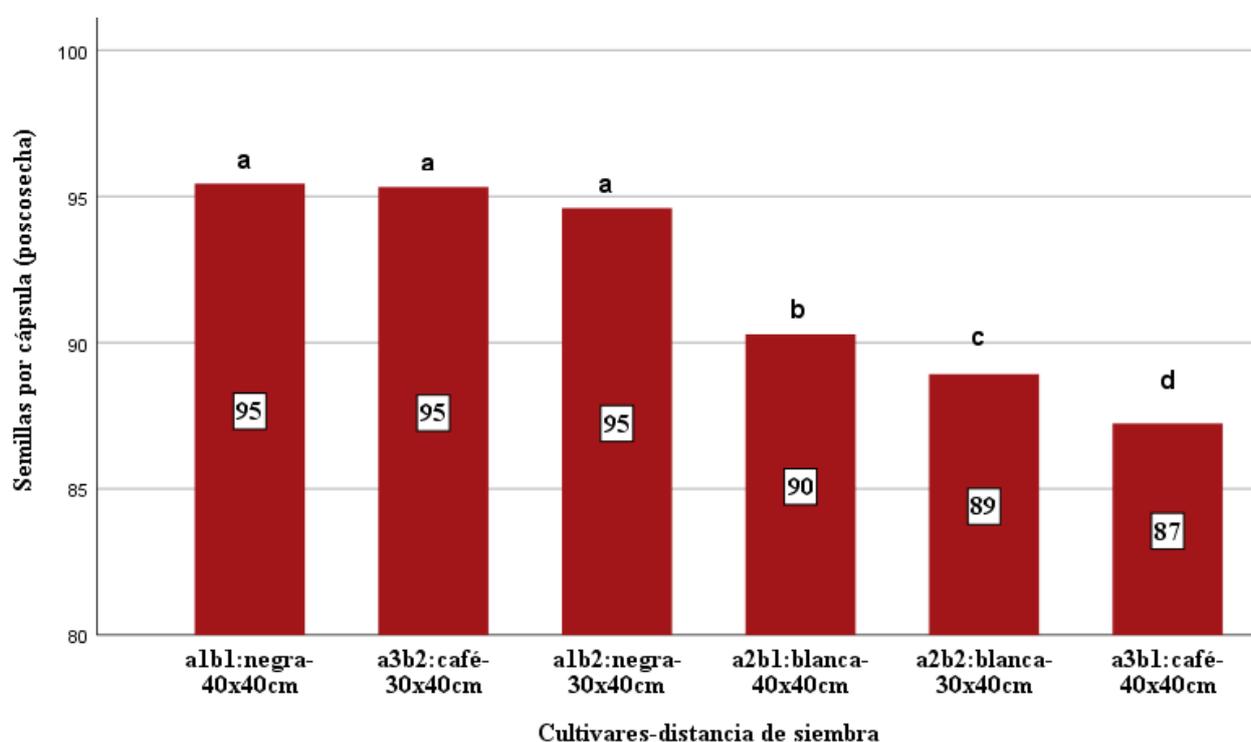


Figura 46. Comportamiento de las combinaciones en relación al número de semillas por cápsulas en el cultivo de ajonjolí.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para p-valor < 0,05 (Prueba Duncan).

Las combinaciones a_1b_1 , a_3b_2 y a_1b_2 presentan el mismo resultado de 95 semillas por cápsula; según un estudio de (González, 2008) reportó un rango de 65 a 85 semillas por cápsula, con una densidad poblacional de 40x35cm donde se verifica que los resultados obtenidos son similares a las combinaciones del presente trabajo de investigación.

La cantidad de semillas por cápsula es una particularidad genética de cada cultivar donde existe variaciones en rangos limitados según el manejo del cultivo y las condiciones climáticas

4.2.5. Peso de 1000 semillas

El ANOVA de un factor intergrupos demuestra que se presentan diferencias altamente significativas entre las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en función del peso de 1000 semillas (g) del cultivo de ajonjolí (poscosecha), ya que el p-valor obtenido (0,000) es menor a alfa (0,05); por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una de las medias es diferente (Tabla 16).

Tabla 16. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones de cultivares y distancias de siembra del peso de 1000 semillas (g) del cultivo de ajonjolí (poscosecha).

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Estadístico F	p-valor
Entre grupos	6471,173	5	1294,235	77,247	0,000
Dentro de grupos	9952,160	594	16,754		
Total	16423,333	599			

Los resultados obtenidos en la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan para la variable de peso de 1000 semillas (g) poscosecha, muestra que la combinación a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm) presentó el mejor peso de 5,289 g, no diferente estadísticamente a la combinación a_1b_1 (cultivar negra-40 cm x 40 cm) que alcanzó un peso de 5,259 g; sin embargo, las dos combinaciones presentan diferencias significativas con las combinaciones a_2b_2 (cultivar blanca-30 cm x 40 cm), a_2b_1 (cultivar blanca-40 cm x 40 cm), a_3b_1 (cultivar café-40 cm x 40

cm) y a₃b₂ (cultivar café-30 cm x 40 cm) con un peso de 4,289, 4,284, 4,138 y 4,135 g respectivamente (Figura 45).

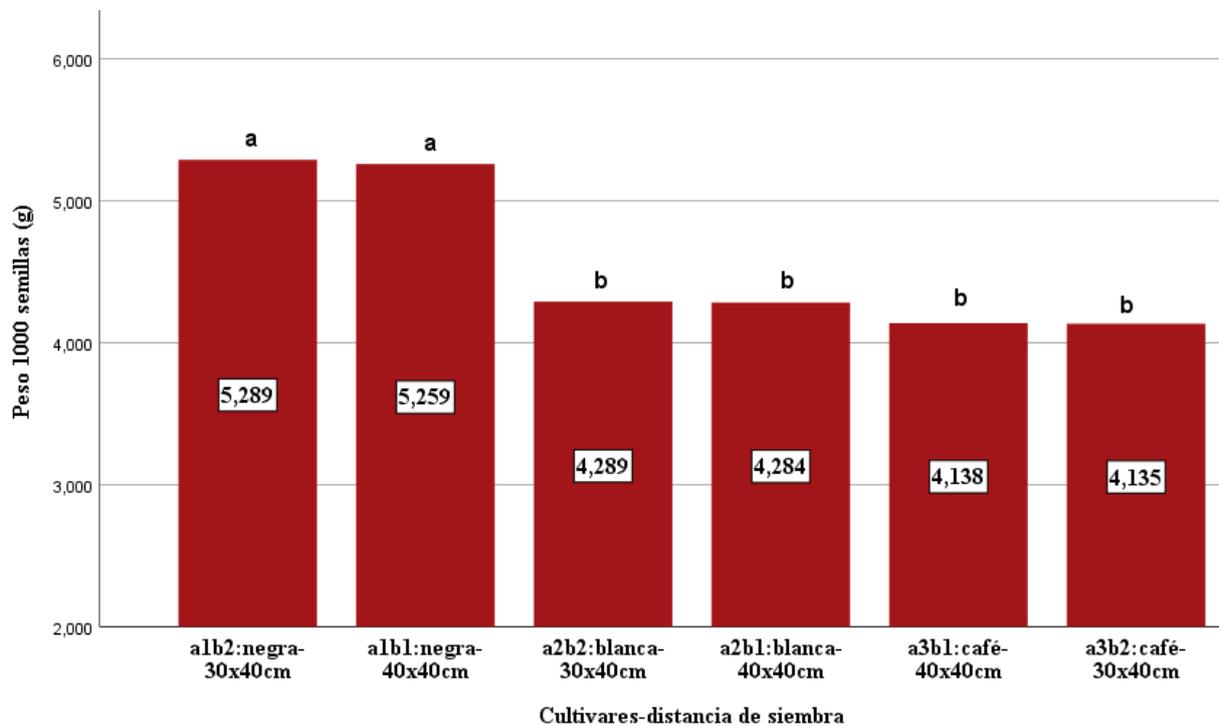


Figura 47. Comportamiento de las combinaciones en relación al peso de 1000 semillas (g) en el cultivo de ajonjolí.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para p-valor < 0,05 (Prueba Duncan).

El presente estudio existe diferencias significativas entre cultivares y distancias de siembra, donde las combinaciones a₁b₂ y a₁b₁ presentan un peso de 5.289 y 5.259 g respectivamente. Estos resultados no son similares con los encontrados por (Oviedo de Crisaldo, 2007) donde reporta que no existe diferencias significativas en la densidad de siembra 40x50cm con la variedad Mbarete bajo las condiciones altas de precipitación donde obtiene un rango de 2.9 y 3.3 g el peso de 1000 semillas.

En el desarrollo vegetativo del cultivo existen acumulaciones de nutrientes que son trasladados al grano en la etapa reproductiva por ende la variable del peso de semillas son características genéticas determinadas, existen variaciones del peso según las condiciones edafoclimáticas en que se encuentre el cultivo.

4.2.6. Rendimiento agrícola (t ha⁻¹)

El ANOVA de un factor intergrupos demuestra que se presentan diferencias altamente significativas entre las combinaciones de cultivares y distancias de siembra en función del rendimiento agrícola (t ha⁻¹) del cultivo de ajonjolí., ya que el p-valor obtenido (0,015) es menor a alfa (0,05); por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos una de las medias es diferente (Tabla 17).

Tabla 17. ANOVA factorial intergrupos que evidencia el efecto de las combinaciones de cultivares y distancias de siembra del rendimiento agrícola (t ha⁻¹) del cultivo de ajonjolí.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Estadístico F	p-valor
Entre grupos	0,029	5	0,006	3,854	0,015
Dentro de grupos	0,027	18	0,002		
Total	0,057	23			

Los resultados obtenidos en la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan para la variable del rendimiento agrícola (t ha⁻¹), muestra que la combinación a₁b₂ (cultivar negra-30 cm x 40 cm) alcanza el mayor rendimiento agrícola de (0.367 t ha⁻¹) con la densidad poblacional de 83333 plantas/ha, no diferente estadísticamente a la combinación a₁b₁ (cultivar negra-40 cm x 40cm) presenta un rendimiento agrícola de (0,365 t ha⁻¹) con una densidad de 62500 plantas/ha; sin embargo, las dos combinaciones presentan diferencias significativas con las combinaciones a₂b₂ (cultivar blanca-30 cm x 40 cm), a₂b₁ (cultivar blanca-40 cm x 40 cm), a₃b₂ (cultivar café-30 cm x 40 cm) y a₃b₁ (cultivar café-40 cm x 40 cm) con un rendimiento agrícola de 0.298, 0.297, 0.287 y 0.287 t ha⁻¹ respectivamente (Figura 46).

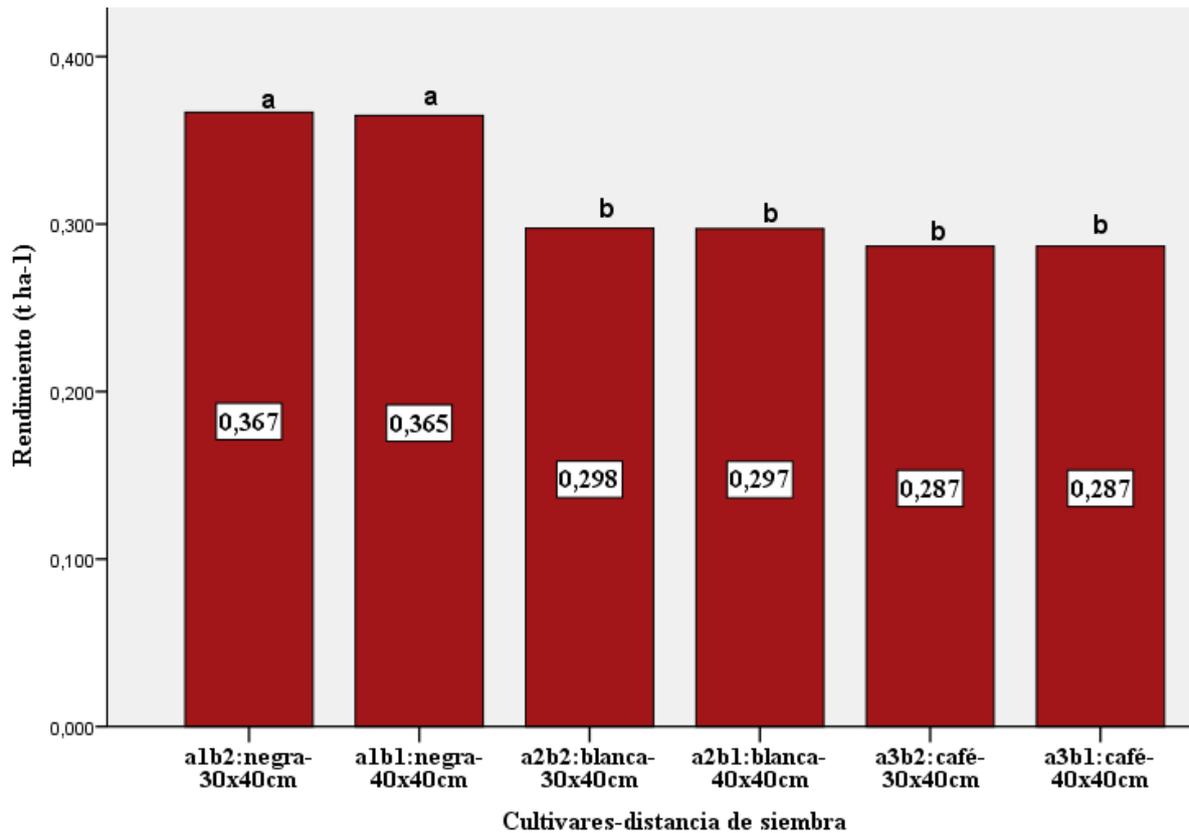


Figura 48. Comportamiento de las combinaciones en relación a la variable rendimiento agrícola (t ha⁻¹) en el cultivo de ajonjolí.

*Letras diferentes difieren estadísticamente para p-valor < 0,05 (Prueba Duncan).

La combinación a₁b₂ negra-30x40cm presentó el mayor rendimiento agrícola de 0.367 tha⁻¹, en un estudio similar Alvarado Díaz et al., (2000) afirman que obtuvieron un rendimientos de 0.538 tha⁻¹ en una densidad poblacional de 30x30cm con la variedad Cayumaqui con características de poseer ramas productivas, bajo las condiciones de suelos bien drenados y un tipo de bosque seco tropical.

Los resultados de los rendimientos son afectados por muchos factores como ecológicos y genéticos, el rendimiento del ajonjolí está directamente relacionado con el número de ramas productivas, donde la cantidad de cápsulas serán abundantes, por lo que significa que los rendimientos serán elevados.

5. CONCLUSIONES

- La respuesta morfo-agronómica del efecto de las combinaciones (cultivar – distancia de siembra) en la granja Santa Inés presentaron diferencias significativas.
- La altura de la planta a los 90 dds el cultivo de ajonjolí se demostró que las combinaciones a_3b_1 , a_2b_2 , a_2b_1 y a_3b_2 alcanzaron valores mayores entre 220 y 210 cm, evidenciándose que estos cultivares presentan un tallo erecto, sin embargo, las combinaciones a_1b_1 y a_1b_2 alcanzaron valores entre 189 y 174 cm respectivamente, analizando que estos cultivares presentaron un tipo de crecimiento ramificado.
- El número de ramas productivas a los 90 dds se observó que las combinaciones a_1b_1 y a_1b_2 presentaron un valor de (3) siendo estos cultivares ramificados, mientras que las combinaciones a_2b_1 , a_2b_2 , a_3b_1 y a_3b_2 mostraron un valor de ramas productivas de (1) .
- La variable nudos reproductivos a los 90 dds en el cultivo de ajonjolí se evidenció que las combinaciones a_1b_1 y a_1b_2 presentaron los mayores valores de 102 y 95 , por otro lado las combinaciones a_3b_1 , a_2b_1 , a_2b_2 y a_3b_2 presentaron valores muy bajos en el número de nudos reproductivos (55, 51, 50 y 47) respectivamente.
- En la variable de cápsulas totales a los 110 dds del cultivo de ajonjolí se observó que la combinación a_1b_1 presentó mayor valor de 237 cápsulas, la combinación a_1b_2 le sigue con un valor de 186 cápsulas, mientras que las demás combinaciones a_3b_1 , a_2b_1 , a_2b_2 y a_3b_2 se observa que los valores del número de cápsulas totales oscilan entre (124-108).
- La variable cápsulas del tallo principal a los 110 dds se evidenció que la combinación a_1b_1 presentó el mayor valor de 96 cápsulas, por otro lado, las combinaciones a_3b_1 , a_1b_2 , a_3b_2 , a_2b_1 y a_2b_2 presentan valores con un rango de 87 y 77 cápsulas. La variable de cápsulas en ramas productivas la combinación a_1b_1 presentó el valor más alto de 138 cápsulas, la combinación a_1b_2 le sigue con el segundo valor más alto 101 cápsulas debido al mayor número de ramas productivas presentan los valores más altos. Sin embargo, las combinaciones a_2b_1 , a_3b_1 , a_2b_2 y a_3b_2 presentan valores bajos en un rango de 37 y 26 cápsulas por la escasez de ramas secundarias.

- La cantidad de semillas por cápsula en el cultivo de ajonjolí se observó que las combinaciones a_1b_1 , a_3b_2 y a_1b_2 presentaron un valor igual de 95 semillas por cápsula, por lo que se evidencia que el cultivar (negra) se adaptó muy bien a las dos distancias de siembra del presente estudio y el cultivar (café) se adaptó favorablemente a las distancias de (30 cm x 40 cm). Por otro lado, las combinaciones restantes a_2b_1 , a_2b_2 y a_3b_1 presentaron bajos valores con un rango de (90 y 87) de semillas por cápsula.
- La variable del peso de 1000 semillas en el momento de la poscosecha se evidenció que la combinación a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm) obtuvo el valor más alto de 5.289 g, se puede apreciar que este cultivar y distancia de siembra favoreció el peso de sus semillas. La combinación a_1b_1 presentó un valor similar con referencia a la combinación a_1b_1 de 5.259 g. Por otro lado, las combinaciones restantes a_2b_2 , a_2b_1 , a_3b_1 y a_3b_2 presentaron valores de peso en un rango de 4.289 g y 4.135 g, por lo que se analiza que estos cultivares (blanca y café) en combinación de las dos distancias de siembra obtuvieron un peso bajo.
- En la variable de rendimiento ($t\ ha^{-1}$) en el cultivo de ajonjolí se observó que la combinación más apropiada fue a_1b_2 (cultivar negra-30 cm x 40 cm) donde presentó el valor más alto ($0.367\ t\ ha^{-1}$) con una densidad poblacional de 83333 plantas/ha y con un valor muy similar la combinación a_1b_1 se apreció un valor de ($0.365\ t\ ha^{-1}$) con una densidad poblacional de 62500 plantas/ha; con diferencias significativas a las demás combinaciones a_2b_2 , a_2b_1 , a_3b_2 y a_3b_1 se presentaron valores bajos de ($0.298\ t\ ha^{-1}$, $0.297\ t\ ha^{-1}$, $0.287\ t\ ha^{-1}$ y $0.287\ t\ ha^{-1}$) respectivamente.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda sembrar cultivares de semilla negra con una distancia de siembra de 30 cm entre planta x 40 cm entre surco debido a que esta combinación se obtuvieron los mejores resultados tanto en producción como en rendimiento, bajo las condiciones edafoclimáticas del área de estudio.

Se recomienda cultivar el ajonjolí a nivel nacional por sus elevadas propiedades nutritivas en sus semillas y su aceite vegetal.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Adebisi, M. A., Ajala, M. O., Ojo, D. K., & Salau, A. W. (2005). Influence of population density and season on seed yield and its components in Nigerian sesame genotypes. *Journal of Tropical Agriculture*, 43(1–2), 13–18.
- Agrotendencia. (2020). *Cultivo de ajonjolí*. <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-ajonjoli/>
- Aguirre Mendoza, Z. (2012). *SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS DEL ECUADOR*. <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/snap-del-ecuador-2014-za.pdf>
- Ahmad, A., Ullah, K., Khan, M. A., Ali, S., Zafar, M., & Sultana, S. (2011). Quantitative and Qualitative Analysis of Sesame Oil Biodiesel. *Energy Sources*, 33(13), 1239–1249.
- Alcalá, J., & Maldonado, N. (2021). Comportamiento de variedades de ajonjolí en ambiente con residualidad de herbicidas. *Ciencia e Innovación*, 4(1), 4–5.
- Alvarado Díaz, N. A., Olivas, J., & Munguía, F. (2000). Efecto de siete densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) Variedad Cuyumaqui. *Universidad Nacional Agraria LA*, 35–38.
- Astengo, E., Moreno, T., Ascencio, A., García, R., & Astengo, H. (2010). *Guía técnica para el área de influencia del Campo Experimental Valle de Culiacán*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-INIFAP. <https://es.slideshare.net/JOSEMIGUELCORRALESME/guia-tecnica-para-el-area-deinfluencia-del-campo-experimental-valle-de-culiacan>
- Augstburger, F., Berger, J., Censkowsky, U., Heid, P., Milz, J., & Streit, C. (2000). *Ajonjolí (Sésamo)* (Asociación Naturland (ed.); Primera ed). Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico.

- Ayala. (2005). *Momento oportuno de raleo en sésamo (Sesamum indicum L.)*. PY:CIA,FCA,UNA.
- Ayala, L., Barrios, L., Borsy, P., Delgado, V., Florentín, M., Gadea, R., Galeano, M., Gamarra, C., Gonzale, V., Lezcano, N., Meza, M., Moriya, K., De Oviedo, R. M., Rolón, S., Soria, P., & Talavera, N. (2010). *Buenas prácticas en manejo del sésamo, Una orientación para técnicos y productores*. <https://www.bivica.org/files/sesamo.pdf>
- Baayen, R., O'Donnell, K., Bonants, P. J. M., Cigelnik, E., Kroon, L. P. N. M., Roebroek, E. J. A., & Waalwijk, C. (2000). Gene Genealogies and AFLP Analyses in the *Fusarium oxysporum* Complex Identify Monophyletic and Nonmonophyletic *Formae Speciales* Causing Wilt and Rot Disease. *Phytopathology*, 90(8), 891–900.
- Barahoba, O., & Gago, H. (1996). *Evaluación de diferentes prácticas culturales en soya (Glycine max L.Merr) y ajonjolí (sesamum indicum L) y su efecto sobre la cenosis de las malezas*. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V.
- Bascones, Z., & Lopez Rita, J. (1961). La nutrición mineral del ajonjolí. *Agronomía Tropical (Venezuela)*, 11(2), 93–101.
- Bedigian, D., Smyth, C. A., & Harlan, J. (1986). Patterns of Morphological Variation in *Sesamum indicum* L. *Economic Botany*, 40(3), 353–365.
- Beltrão, N., & Vieria, D. (2001). *O Agronegocio do gergelim no Brasil*.
- Bonsu, K. (1977). *The effect of spacing and fertilizer application on the growth and yield components of sesame (Sesamum indicum L.)*.
- Bula, A. (2020). *IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA EN EL DESARROLLO SOCIO-ECONÓMICO*.
- Caliskan, S., Arslan, M., Arioglu, H., & Isler, N. (2004). Effect of Planting Method and Plant Population on Growth and Yield of Sesame (*Sesame indicum* L.) in a Mediterranean Type of Environment. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(5), 610–613.

Carreño, B. (2013). *Manejo Agronómico del Cultivo de Sésamo*.

Castillo, A., & SAG-DICTA. (2018). *Proyecto de siembra de ajonjolí mejorará condiciones de vida en corredor seco*. Pro Honduras.

Chemonics Internacional INC. (2009). *MANUAL DE AJONJOLI*.
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01C965ma.pdf>

Comité Nacional Sistema-Producto: Oleaginosas. (2005). *Oleaginosas*. Programa de Fomento a La Agricultura. http://www.oleaginosas.org/cat_57.shtml

Corona, A., Viera, N., & Lauretin, H. (2013). Caracterización morfológica y relación fenética de germoplasma de ajonjolí. *REV. FAC. Agron. (UCV)*, 39(2), 51–59.

Falasca, S., Anschau, A., & Galvani, G. (2010). Las potenciales áreas productivas de sésamo (*Sesamum indicum* L.) en Argentina, materia prima para biodiésel. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14, 63–64.

FAOSTAT. (2021). *Cultivos y productos de ganadería*.
<http://www.fao.org/faostat/es/#compare>

Fernández, P., & Lauretin, H. (2016). Efecto de extractos etanólicos de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *Sesami*. *Acta Agronómica*, 65(1), 104–108.

Ferré Alcántara, C. D., Palomino Quispe, D., & Ramos Breña, A. (2016). *Efecto de los abonos orgánicos en el incremento de la producción del cultivo en el distrito de Chosica*. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

Finol Martínez, E. (2001). Efecto del déficit de humedad del suelo sobre el desarrollo del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 18(1), 1–12.

Fravel, D., Olivian, C., & Alabouvette, C. (2003). *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. *New Phytologist*, 157, 493–502.

- Friedmann, A., & Penner, R. (2009). Sésamo, Innovación en Agronegocios. *Agencia Del Gobierno de Los Estados Unidos Para El Desarrollo Internacional (USAID)*, 1–10.
- Friedrich, T. (2014). La seguridad alimentaria: retos actuales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 4(48), 319–322.
- FUNICA. (2007). *Análisis de la cadena subsectorial del ajonjolí*.
- Garnica, J., Rodríguez, O., Jaramillo, C., Villamil, J., & Valencia, J. (2020). Caracterización morfológica de 160 accesiones de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) del banco de germoplasma de Colombia. *Ciencia Y Agricultura*, 17(3), 63–77.
- Gobierno de Argentina. (n.d.). *Sesamum indicum* L. Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. <https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/sesamum-indicum>
- Gomes, A. H. ., Chaves, L. H. G., Ferreira Filho, J. G. de A., & De Souza, F. G. (2014). Fitomassa na cultura do gergelim irrigado sob doses de nitrogênio. *Anais II INOVAGRI International Meeting*, 4907–4911.
- González, D. (2008). *Variabilidad fenotípica de plantas de sésamo (Sesamum indicum L.) Variedad escoba blanca, con tres tipos de depuración*. PY: CIA;FCA,UNA.
- Google Earth. (2021). *Área Experimental*. <https://earth.google.com/web/@-3.28866631,-79.91142654,11.8998005a,979.12071895d,35y,350.27900795h,0t,0r/data=MicKJQojCiExdUg1eIN0Tm82Z11Xb2k4WkZvdmBMQmlsOTRjb3haVzQ>
- IICA. (2006). *Guía práctica para la exportación a EE.UU (Ajonjolí)*. <http://www.bionica.info/biblioteca/iica2006ajonjoliexportacion.pdf>
- Inta. (2020). *Recomendaciones para la producción de Ajonjolí*. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2020/04/Recomendaciones-produccion-Ajonjoli-DEPARTAMENTAL-OMETEPE-2020.pdf>

- Ismalia, A., & Usman, A. (2012). Genetic Variability for Yield and Yield Components in Sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3(9), 63–66.
- Jara Sánchez, M. E., & Díaz Acuña, R. R. (2005). Efecto de fósforo y nitrógeno en el rendimiento de sésamo (*Sesamum indicum* L.), sobre un Alfisol en el distrito de Horqueta. *Investigacion Agraria*, 7(2), 42–44.
- Kumar, N., Tikka, S. B. S., Dagla, M. C., Ram, B., & Meena, H. P. (2013). Genotypic Adaptability for Seed Yield and Physiological Traits in Sesame (*Sesamum Indicum* L.). *The Bioscan*, 8(4), 1503–1509.
- Laurentin, H., & Sánchez, J. (2020). Mejoramiento genético y producción de semillas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en Venezuela. In *Producción de Semillas en Venezuela*. (pp. 236–257).
- Malespín, D., & Castillo, S. (1993). *Ensayo de rotación de cultivos y métodos de control de malezas sobre la cenosis de malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento en los cultivos de soya (Glycine max L) y ajonjolí (Sesamum indicum L)*. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V.
- Mazzani, B. (1999). *Investigación y Tecnología del Cultivo del Ajonjolí en Venezuela*. <https://blogtextilesyoleaginosasfagroucv.files.wordpress.com/2016/02/investigacic3b3n-y-tecnologia-del-cultivo-del-ajonjoli-en-venezuela.pdf>
- Melgarejo, M., Galeano, A., Amarilla, D., Maidana, E., Bogado, M., Franco, R., Mendoza, M., Colman, P., Silvero, O., Lugo, W., & Da Silva Oviedo, M. (2020). Efecto de diferentes densidades de siembra sobre las características agronómicas del sésamo (*Sesamum indicum* L.) en el distrito de Curuguaty. *IDESIA*, 38(3), 107–112.
- Montero, P., Acevedo, D., Arnedo, A., & Miranda, N. (2015). Efecto de la Incorporación de Plasma Sanguíneo y Pasta de Ajonjolí en la Fabricación de un Embutido tipo Salchicha. *Información Tecnológica*, 26(6), 55–56.

- Nobre, D. A. C., Trogello, E., Morais, D. L. B., & Brandão Junior, D. S. (2013). Qualidade da semente do gergelim preto (*Sesamum indicum* L.) em diferentes épocas de colheita. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 15(4), 609–616.
- Ochoa Ayala, M. (1980). *Respuesta del ajonjolí (Sesamum indicum L.) a niveles de fertilización y densidad de población bajo condiciones de temporal en la zona de tierra caliente*, BRO. Universidad de Guadalajara.
- Ochoa, V., & Meza, J. (2000). *Efecto de diferentes niveles y fraccionamiento de nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí (Sesamum indicum L) Variedad Cuyumaqui*. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V.
- Ogunremi, E. A. (1985). Cultivation of Early Season Sesame (*Sesamum Indicum* L.) in Southwest Nigeria: Period of Sowing. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 51(2), 82–88.
- Ohara, T., & Tsuge, T. (2004). FoSTUA, Encoding a Basic Helix-Loop-Helix Protein, Differentially Regulates Development of Three Kinds of Asexual Spores, Macroconidia, Microconidia, and Chlamydospores, in the Fungal Plant Pathogen *Fusarium oxysporum*. *American Society for Microbiology*, 3(6), 1412–1422.
- Olowe, V. I. O. (2006). Effects of varying agronomic practices on some shoot characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.). *AGRICULTURA TROPICA ET SUBTROPICA*, 39(2), 127–128.
- Oviedo de Crisaldo. (2007). *Introducción y selección de cultivares de sésamo*.
- Pérez Bolaños, J. de J., & Salcedo Mendoza, J. G. (2018). Componentes del rendimiento en cultivares de ajonjolí *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae), en el departamento de Sucre (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(2), 263–276.
- Pérez, G. (2010). *Información técnica de ajonjolí (Sesamun indicum) en México*.
- Pineda, J. (2002). *II Curso sobre producción de ajonjolí, soya y otras leguminosas*.

- Queiroga, V. de P., Chavez, J., Perez, F., & Amauri, J. (2018). CULTIVO DE AJONJOLÍ PARA LOS CAMPESINOS EN LOS DEPARTAMENTOS DE CHOLUTECA Y VALLE. *ASSOCIAÇÃO DA REVISTA ELETRÔNICA A BARRIGUDA*, 1–170. <https://docplayer.es/98158067-Cultivo-de-ajonjoli-para-los-campesinos-en-los-departamentos-de-choloteca-y-valle-1a-edicion.html>
- Quilantan, V. (1993). *Logros y aportaciones de las investigaciones agrícolas en los cultivos oleaginosos*.
- Rey Bolívar, L. (1999). *El cultivo del ajonjolí producción y utilización* (CORPOICA (ed.)). https://books.google.com.ec/books?id=hZgi_IR4OXoC&printsec=frontcover&dq=cultivo+de+ajonjolí&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=cultivo+de+ajonjolí&f=false
- Rincón, C. A., & Salazar, N. (1996). *Descripción de las etapas de desarrollo del ajonjolí*. <https://es.scribd.com/doc/175485864/DESCRIPCION-DE-LAS-ETAPAS-DE-DESARROLLO-DEL-AJONJOLI>
- Rodríguez Lucas, L. F. (2011). *Diseño de una máquina tostadora de ajonjolí de 40 kg/h de capacidad*.
- Shakeri, E., Modarres Sanavy, A. M., Amini Dehaghi, M., Tabatabaei, A., & Moradi Ghahderijani, M. (2016). Improvement of yield, yield components and oil quality in sesame (*Sesamum indicum* L.) by N-fixing bacteria fertilizers and urea. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(4), 547–560.
- Tamayo, L. (2011). *Manejo y control de maleza en ajonjolí*.
- Uriarte, E., & Tapia, O. (1997). *Estudio del efecto de diferentes densidades sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del ajonjolí (Sesamum indicum L.) var.Mejicana*. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V.
- USDA. (2019). *Seeds, sesame seeds, whole, dried*. Fooddata Central. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170150/nutrients>

- Vaca, F., Vasquez, J., Vasquez, V., & Vasquez, J. (2001). *Manual de manejo: El cultivo del ajonjolí*.
- Van Humbeeck, M., & Oviedo de Crisaldo, R. M. (2012). Población de plantas y su efecto en el desarrollo vegetativo y rendimiento del sésamo (*Sesamum indicum* L.) Variedad Escoba. *Investigación Agraria*, 14(1), 25–30. <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/243/229>
- Vargas, Y., & Blanco, F. (2002). *Efecto de densidad poblacional de plantas y fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí (Sesamum indicum L.) Variedad INTA Aj-2000*. Universidad Nacional Agraria.
- Villar Vera, L. (2019). *Cultivo de Sésamo*. <https://es.scribd.com/document/421616262/Cultivo-Del-Sesamo#download>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). *Caracterización Efectos de física la calidad y clasificación del forraje , taxonómica fresco o de henificado , algunos suelos sobre dedicados el comportamiento a la actividad alimentario agrícola de del canero (ovis de El aries)*. 8, 28–34.
- Yagodin, B., Smimov, J., & Burgski, P. (1982). *Agroquímica*.
- Zamorano, INTA, UNA, & CATIE. (1996). *Manual del Manejo Integrado de Plagas en el Cultivo del Frijol* (Primera). Departamento de Protección Vegetal (Honduras). <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4105/1/206983.pdf>
- Zanvettor, R. A. (2020). Evaluación del rendimiento en sésamo (*Sesamum indicum* L.) Variedad "escoba blanca" bajo diferentes fechas de siembra y densidades. *Nexo Agropecuario*, 8(1), 102–104.
- Zapata, M., & Orozco, H. (1991). *Evaluación de diferentes métodos de control de malezas y distancias de siembra sobre la cenosis de malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento en frijol comun (Phaseolus vulgaris L.) Variedad Revolución 81 ciclo de postrera*. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V.

Zárate, C., Oviedo, R., & González, D. (2011). Rendimiento del cultivo de sésamo (*Sesamum indicum* L.), variedad Mbarete, en diferentes épocas de siembra y poblaciones de plantas. *Investigación Agraria*, 13(2), 67–74.

8. ANEXOS



Anexo 1. Preparación del terreno.



Anexo 2. Medición del terreno.



Anexo 3. Siembra de Ajonjolí.



Anexo 4. Riego.



Anexo 5. Raleo y control de arvenses.



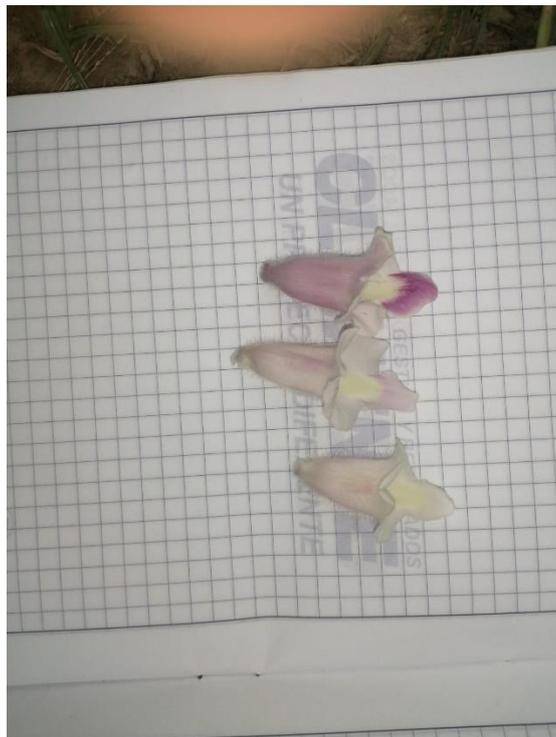
Anexo 6. Desarrollo del cultivo de ajonjolí.



Anexo 7. Toma de datos a los 90 dds.



Anexo 8. Problemas de dehiscencia en el cultivo.



Anexo 9. Tipos de flor en el cultivo de ajonjolí.



Anexo 10. Tipos de hojas en el cultivo de ajonjolí.



Anexo 11. Toma de datos a los 110 dds.



Anexo 12. Cosecha.



Anexo 13. Secado de cápsulas.



Anexo 14. Conteo de número de semillas por cápsulas.



Anexo 15. Peso de 1000 semillas.