

**Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas**



Tesis sobre:

“Evaluación de cinco selecciones promisorias de Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) y su incidencia en el rendimiento de grano en la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador, La Paz”

**Presentada por:
Rosa Amalia Preza Amaya**

**Requisito para optar al título de:
Ingeniera Agrónomo**

San Salvador, El Salvador, Centro América, 2025.

**Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Desarrollo Rural**



Tesis sobre:

“Evaluación de cinco selecciones promisorias de Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) y su incidencia en el rendimiento de grano en la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador, La Paz”

**Presentada por:
Rosa Amalia Preza Amaya**

**Requisito para optar al título de:
Ingeniera Agrónomo**

San Salvador, El Salvador, Centro América, 2025.

Universidad de El Salvador

Rector:

Ing. M. Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla

Secretario General:

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

Facultad de Ciencias Agronómicas

Decano:

Ing. MAECE. Nelson Bernabé Granados Alvarado

Secretario:

Ing. M. Sc. Edgar Geovany Reyes Melara

Jefe del Departamento de Desarrollo Rural

Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia

Asesores

Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia

Ing. Marvin Orlando Molina Escalante

Ing. M. Sc. Juan Milton Flores Tensos

Lic. Daniel de Jesús Palacios

Coordinadora de Procesos de Grado del Departamento

Licda. M. Sc. Cruz Gilma Ortiz de Alarcón

Resumen

La investigación sobre evaluación de cinco selecciones promisorias de ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) y su incidencia en el rendimiento de grano, se realizó en el periodo de julio a octubre de 2020, en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

El objetivo fue caracterizar morfoagronómicamente cinco selecciones del cultivo de ajonjolí: Narcisa, Maroma, SPA 81, SPA 222 y Criollo ramificado, a través de un descriptor para la selección de los mejores cultivares en la zona costera de El Salvador.

La siembra del germoplasma se llevó a cabo en la “panga” 1 del lote La Bomba de la Estación Experimental y de Prácticas, para lo cual se preparó el suelo con una chapoda para control de malezas, seguido de tres pasos de rastra. El distanciamiento de siembra fue 0.15 m entre planta y 0.8 m entre surco; cada surco medía 21 m de largo; se delimitaron cuatro bloques y dentro de cada bloque cinco parcelas, cada variedad se sembró en 3 m de largo por 1.6 m de ancho.

Se ejecutó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones. Para la caracterización morfoagronómica se utilizó el descriptor del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias -INIFAP- de México (INIFAP 2019), y la tabla de Munsell, y se desarrolló midiendo las variables de crecimiento siguientes: altura de plantas; diámetro del tallo basal, medio y apical; número de cápsulas por planta, número de semillas por cápsula y peso de mil semillas. Se determinaron los componentes nutricionales de cada selección como: humedad, extracto etéreo, proteína cruda, fibra cruda, cenizas, carbohidratos, a través de análisis bromatológicos en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Para evaluar las variables se analizó el Coeficiente de Correlación ($r = 0.96$), Componentes Principales y el Análisis Multivariado.

La selección de ajonjolí que presentó la mayor altura de planta fue “Maroma” con 190.53 cm; el mayor número de cápsulas por planta se obtuvo con “Narcisa” con 158.45 cápsulas, el mayor número de semillas por cápsula se obtuvo con la selección “Criollo ramificado” con un promedio de 80.09 semillas; el mayor contenido de proteína se obtuvo con la selección “Narcisa” con 17.39%; el mayor contenido de extracto etéreo se obtuvo en “Criollo ramificado” con 47.31%; y el mayor contenido de fibra cruda en la selección “Maroma” con 30.11%.

Palabras claves: Selección, ajonjolí, descriptor, semillas, análisis bromatológico, *Sesamum Indicus L.*, cápsulas, contenido nutricional, SPA.

Abstract

The research on the evaluation of five promising sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties and their impact on grain yield was carried out from July to October 2020 at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of El Salvador.

The objective was to morphoagronomically characterize five sesame cultivar selections: Narcisa, Maroma, SPA 81, SPA 222, and Criollo ramificado, using a descriptor for selecting the best cultivars in the coastal zone of El Salvador.

The germplasm was sown in "panga" 1 of the La Bomba plot at the Experimental and Practice Station. The soil was prepared with a weed control hoe, followed by three harrowing passes. Planting spacing was 0.15 m between plants and 0.8 m between rows; each row was 21 m long. Four blocks were delimited, and within each block, five plots were planted. Each variety was planted in a 3 m long by 1.6 m wide plot.

A Randomized Complete Block experimental design with four replications was used. For morphoagronomic characterization the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research -INIFAP- from Mexico (INIFAP 2019), descriptor and the Munsell table were used, and the following growth variables were measured: plant height; basal, middle and apical stem diameter; number of capsules per plant, number of seeds per capsule and weight of one thousand seeds. The nutritional components of each selection were determined, such as: humidity, ether extract, crude protein, crude fiber, ash, carbohydrates, through bromatological analysis in the Agricultural Chemistry Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences. To evaluate the variables, the Correlation Coefficient ($r = 0.96$), Principal Components and Multivariate Analysis were analyzed.

The sesame selection with the greatest plant height was "Maroma" at 190.53 cm; the highest number of capsules per plant was obtained with "Narcisa" with 158.45 capsules; the highest number of seeds per capsule was obtained with the "Criollo ramificado" selection with an average of 80.09 seeds; the highest protein content was obtained with the "Narcisa" selection with 17.39%; the highest ether extract content was obtained with "Criollo ramificado" with 47.31%; and the highest crude fiber content was obtained with the "Maroma" selection with 30.11%.

Key words: Selection, sesame, descriptor, seeds, bromatological analysis, *Sesamum Indicus* L., capsules, nutritional content, SPA.

Agradecimientos

A Dios por permitirme cumplir una meta más, por la vida que es el regalo más grande que podemos tener, la salud de mis seres amados y la mía, la fe en todo el tiempo del proceso y sus abundantes bendiciones en mi vida diaria.

A mi madre Neby Amaya y a mi padre Herber Preza, que siempre han sido mis pilares, aconsejándome y guiándome por el buen camino, demostrando que todo se puede con perseverancia y esfuerzo, por no dejar de creer en mí, son mi mayor regalo y bendición, tenerlos conmigo.

A mi pareja Geovany Quintanilla por su incondicional apoyo, amor hacia mi persona, por motivarme en todo momento a seguir adelante con mis proyectos de vida y ser alguien que aporta en mi vida diaria con sus experiencias y siendo una persona leal, mis agradecimientos más sinceros.

Al Ingeniero M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia por su paciencia, comprensión, apoyo por ser un docente y asesor comprometido a su trabajo y a nosotros como estudiantes de ayudarnos en nuestro proceso de formación, compartiendo sus conocimientos tan valiosos.

A mis asesores Ing. M. Sc. Milton Flores, Ing. Marvin Molina, Ing. M. Sc. Oscar Rodríguez Gracias y al Lic. Daniel Palacios, por su tiempo, asesorías, conocimientos y sus valiosas contribuciones en cada etapa que se llevó la investigación, cada uno son docentes comprometidos a su trabajo con grandes conocimientos en sus áreas.

A mis amigas Ada Ortiz, Fátima Rodríguez, Claudia Ramírez, por ser parte del proceso, demostrándome su linda y sincera amistad.

Dedicatoria

A Dios, por brindarme vida y salud para cumplir una meta más.

A mi madre Neby Amaya y a mi padre Herber Preza, por siempre aconsejarme y creer en mis capacidades de lograr mis metas.

A mi pareja Geovany Quintanilla por apoyarme en todo momento.

Índice general

	Página
1. Introducción	1
2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. Revisión bibliográfica	4
3.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible	4
3.2. Desarrollo Rural	4
3.3. Desarrollo local.....	5
3.4. Cultivo de ajonjolí	5
3.4.1. Importancia nutricional del ajonjolí.....	6
3.4.2. Clasificación taxonómica del ajonjolí	7
3.4.3. Morfología del ajonjolí	7
3.4.4. Condiciones agroecológicas del ajonjolí	9
3.5. Variedades de ajonjolí	10
3.5.1. Plantas ramificadas y no ramificadas de ajonjolí	10
3.6. Duración del ciclo del cultivo	11
3.7. Fenología del ajonjolí	11
3.8. Preparación del suelo para la siembra	12
3.8.1. Siembra del ajonjolí	12
3.8.2. Manejo de la plantación.....	12
3.9. Cosecha de ajonjolí	13
3.10. Selección masal	13
3.11. Caracterización de recursos fitogenéticos	14
3.12. Descriptores	14
3.13. Tabla de Munsell	15
3.14. Usos e importancia del ajonjolí.....	16
3.15. Cadena productiva del ajonjolí	16
4. Materiales y métodos.....	17
4.1. Ubicación de la investigación.....	17
4.2. Metodología de campo	18
4.2.1. Herramientas utilizadas para la caracterización del cultivo	19
4.2.2. Distribución de las selecciones de ajonjolí.....	19

4.2.3. Siembra.....	20
4.2.4. Manejo agronómico del cultivo de ajonjolí	21
4.3. Metodología de laboratorio	23
4.3.1. Determinación del contenido de humedad.....	23
4.3.2. Determinación del extracto etéreo	24
4.3.3. Determinación de proteína cruda.....	24
4.3.4. Determinación de fibra cruda.....	25
4.3.5. Determinación de cenizas	25
4.3.6. Solubilización de cenizas.....	25
4.3.7. Determinación de carbohidratos	26
4.4. Metodología estadística.....	26
4.4.1. Diseño estadístico	26
4.4.2. Tamaño de la muestra.....	27
4.4.3. Análisis multivariado.....	27
4.4.4. Análisis de componentes principales	27
5. Resultados y discusión	28
5.1. Análisis descriptivo de los parámetros cualitativos.....	28
5.1.1. Cotiledón de la planta.....	28
5.1.2. Tallo de la planta.....	29
5.1.3. Hojas de la planta	29
5.1.4. Estructura floral	30
5.1.5. Cápsula.....	34
5.2. Análisis descriptivo y de varianza de los parámetros cuantitativos	35
5.2.1. Diámetro del tallo basal a los 60 días después de la siembra	35
5.2.2. Diámetro del tallo medio a los 60 días después de la siembra	36
5.2.3. Diámetro del tallo apical a los 60 días después de la siembra.....	37
5.2.4. Altura de las plantas.....	38
5.2.5. Ganancia de altura de las plantas	39
5.2.6. Ancho de las hojas.....	40
5.2.7. Largo de las hojas.....	40
5.2.8. Número total de cápsulas por planta	41
5.2.9. Ancho de las cápsulas	42
5.2.10. Largo de las cápsulas	43
5.2.11. Número de semillas por cápsula	44

5.2.12. Peso de mil semillas	45
5.3. Análisis multivariante de los parámetros cuantitativos en estudio	46
5.4. Análisis bromatológico proximal.....	47
5.4.1. Contenido de humedad	47
5.4.2. Contenido de extracto etéreo	47
5.4.3. Contenido de proteína cruda	48
5.4.4. Contenido de fibra cruda	48
5.4.5. Contenido de cenizas	48
5.4.6. Contenido de carbohidratos.....	49
6. Conclusiones	50
7. Recomendaciones	52
8. Bibliografía.....	53
9. Anexos	57

Índice de cuadros

	Página
Cuadro 1. Contenido nutricional del ajonjolí.....	6
Cuadro 2. Clasificación taxonómica del ajonjolí.....	7
Cuadro 3. Fases fenológicas del cultivo de ajonjolí.....	11
Cuadro 4. Nombre y código de las selecciones de ajonjolí.....	19
Cuadro 5. Resultados del análisis de suelo.....	22
Cuadro 6. Caracteres cualitativos del cotiledón de las cinco selecciones en estudio.....	28
Cuadro 7. Parámetros cualitativos del tallo de las cinco selecciones en estudio.....	29
Cuadro 8. Parámetros cualitativos en la hoja de las cinco selecciones de ajonjolí.....	29
Cuadro 9. Pigmentación de la flor de las selecciones de ajonjolí en estudio.....	31
Cuadro 10. Codificación del color de la cápsula.....	34
Cuadro 11. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el diámetro del tallo basal a los 60 días después de la siembra.....	36
Cuadro 12. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el diámetro del tallo medio a los 60 días después de la siembra.....	37
Cuadro 13. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el diámetro del tallo apical a los 60 días después de la siembra.....	38
Cuadro 14. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en la altura de las plantas a los 60 días después de la siembra.....	39
Cuadro 15. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en la ganancia de altura de las plantas a los 60 días después de la siembra.....	39
Cuadro 16. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el ancho de las hojas a los 60 días después de la siembra.....	40
Cuadro 17. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el largo de las hojas a los 60 días después de la siembra.....	41
Cuadro 18. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el número total de cápsulas por planta a los 80 días después de la siembra.....	42
Cuadro 19. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el ancho de las cápsulas a los 80 días después de la siembra.....	43
Cuadro 20. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el largo de las cápsulas a los 80 días después de la siembra.....	44
Cuadro 21. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el número de semillas por cápsula a los 80 días después de la siembra.....	45

Cuadro 22. Análisis bromatológico de las cinco selecciones de ajonjolí en estudio. 49

Índice de figuras

	Página
Figura 1. Forma de la hoja de los cotiledones.....	7
Figura 2. Formas de la hoja de ajonjolí: A) lanceoladas, B) dentadas y C) lobuladas.	8
Figura 3. Tabla de Munsell.....	16
Figura 4. Cadena productiva del ajonjolí.....	17
Figura 5. Mapa de Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador.	17
Figura 6. Lote utilizado en la panga uno.	18
Figura 7. Chapoda del terreno.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8. Paso de rastra.	18
Figura 9. Realización de los surcos.	19
Figura 10. Plano de campo de la distribución de las selecciones de ajonjolí evaluadas.....	20
Figura 11. Delimitación de subparcelas y siembra de selecciones.....	21
Figura 12. Realización del deshije del ajonjolí.	21
Figura 13. Realización del muestreo de suelos.....	22
Figura 14. Control de malezas.	23
Figura 15. Cotiledón de la selección Maroma.	28
Figura 16. Características del tallo.....	29
Figura 17. Forma de las hojas de ajonjolí: A) Ovada, B) Dentada, C y D) Ovada, E) Dentada.	30
Figura 18. Forma y posición de la hoja.	30
Figura 19. Partes de la flor de las selecciones en estudio.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 20. Partes de la flor de las selecciones en estudio.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 21. Color de la cápsula.	35
Figura 22. Diámetro del tallo basal de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.....	35
Figura 23. Diámetro del tallo medio de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.....	36
Figura 24. Diámetro del tallo apical de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.....	37
Figura 25. Altura de las plantas de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.....	38
Figura 26. Ganancia de altura de las plantas de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.....	39
Figura 27. Ancho de las hojas de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.....	40
Figura 28. Largo de las hojas de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.....	41
Figura 29. Número total de cápsulas por planta de las selecciones de ajonjolí a los 80 días después de la siembra.....	42
Figura 30. Ancho de cápsulas de las selecciones de ajonjolí a los 80 días después de la siembra.....	43
Figura 31. Largo de cápsulas de las selecciones de ajonjolí a los 80 días después de la siembra.....	44
Figura 32. Número de semillas por cápsula de las selecciones de ajonjolí a los 80 días después de la siembra.	45

Figura 33. Peso de mil semillas de las selecciones de ajonjolí a los 80 días después de la siembra.....	46
Figura 34. Comportamiento de los caracteres y selecciones en estudio.	47

Índice de anexos

	Página
A-1. Descriptor utilizado en la investigación.....	57
A-2. Descriptor Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).....	63
A-3. Interpretación de resultados para análisis de suelo.....	68
A-4. Análisis de suelo.	68
A-5. Componentes que explican la varianza.	69
A-6. Componentes de las variables.	69
A-7. Análisis bromatológico de las cinco selecciones.....	70

1. Introducción

El cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en El Salvador ha sido y es de importancia entre los granos básicos oleaginosos por su gran demanda interna como externa, considerándose además con gran potencial nutritivo para mejorar la alimentación de la población por su alto perfil de ácidos grasos y aminoácidos que contiene, y por su potencial demanda en el extranjero, lo que sería un aporte más a la economía de las familias rurales.

Las variedades de ajonjolí que se cultivan en El Salvador son denominadas “criollas”, debido a que en el país no existen variedades comerciales, y estas semillas se caracterizan por presentar falta de uniformidad en tamaño y color debido a una mezcla degenerada de las semillas y con alta segregación genética.

El cultivo de ajonjolí tiene el potencial de: aumentar la biodiversidad del país, mejorar los ingresos de las familias rurales principalmente de aquellos agricultores que viven y tienen sus parcelas o fincas en condiciones de bajío (por debajo de los 200 metros sobre el nivel del mar), generar fuentes de empleo en el área rural, disminuir los problemas de migración del campo a las ciudades y hacia otros países, mejorar la seguridad alimentaria y nutricional en los hogares; creación de empresas emprendedoras para el procesamiento agroindustrial, elaboración y comercialización de productos y subproductos a base de ajonjolí para las mujeres y jóvenes que viven en las zonas rurales, entre otros.

El Salvador tiene potencial para la producción, comercialización y exportación de ajonjolí. En la actualidad se realizan algunos esfuerzos y se invierten pocos recursos en el establecimiento del cultivo de ajonjolí, pero sin contar con semilla certificada ni con servicios de asistencia técnica ni capacitación.

A nivel centroamericano, el principal productor de ajonjolí es Guatemala seguido por Nicaragua, manteniendo de igual forma sus posiciones como países exportadores. En El Salvador las áreas de siembra se localizan en la zona baja y media de los departamentos de Ahuachapán, La Libertad, La Paz, San Vicente y Usulután.

En esta investigación se evaluó cinco selecciones de ajonjolí las cuales fueron: Narcisa, Maroma, SPA 81, SPA 222 y Criollo ramificado, que pueden ser la base para continuar

mejorando el germoplasma y el potencial productivo y nutricional de esos cultivares, a través de la evaluación, selección y comprobar sus atributos y propiedades organolépticas, así como su rendimiento y calidad del germoplasma, con el propósito de disponer en el mediano plazo de variedades de alto valor comercial y generar una base genética que permita establecer bancos de germoplasma de ajonjolí para su posterior mejoramiento genético.

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar morfoagronómicamente cinco selecciones del cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) a través de un descriptor para la selección de los mejores cultivares en la zona costera de El Salvador.

2.2. Objetivos específicos

- Describir las características morfoagronómicas de cinco selecciones de ajonjolí en la zona costera de El Salvador.
- Determinar las características de producción, rendimiento y calidad nutricional del grano de las selecciones de ajonjolí en la zona costera de El Salvador.
- Elaborar una guía ilustrada con las características morfoagronómicas del ajonjolí en la zona costera de El Salvador.

3. Revisión bibliográfica

3.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Según el PNUD (2016), en el año 2015 los países adoptaron una nueva agenda para el desarrollo sostenible y lograron un nuevo acuerdo mundial sobre el cambio climático, que contiene 17 objetivos para el desarrollo sostenible y 169 metas que buscan erradicar la pobreza, combatir las desigualdades y promover la prosperidad, al tiempo que protegen el medio ambiente de 2015 al 2030.

Con esta investigación se contribuyó al cumplimiento de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- **Objetivo 2. Hambre cero.** La gran mayoría de hambrientos vive en países en desarrollo, donde el 12.9% de la población está subalimentada, y El Salvador no es la excepción, ya que muchas personas no disponen de alimentos suficientes para llevar una vida saludable y activa. Eliminar el hambre implica inversiones en agricultura, desarrollo rural, trabajo decente, protección social e igualdad de oportunidades.
- **Objetivo 15. Vida de ecosistemas terrestres.** La actual degradación del suelo no tiene precedentes y la pérdida de tierras cultivables es de 30 a 35 veces superior al ritmo histórico. Las sequías y la desertificación aumentan todos los años, y afectan a las comunidades pobres de todo el mundo. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible apuntan a conservar y recuperar el uso de ecosistemas terrestres como tierras áridas. Promover la ordenación sostenible y detener la deforestación también es de vital importancia para mitigar los impactos del cambio climático.

3.2. Desarrollo Rural

El desarrollo rural es un proceso localizado de cambio social y crecimiento económico sostenible, que tiene por finalidad el progreso permanente de la comunidad y de cada individuo integrado en ella. Mediante este proceso se pretende una mejora de las condiciones de vida y trabajo que lleve consigo la creación de empleo y riqueza, compatibles con la preservación del medio y del uso sostenible de los recursos naturales (Boletín agrario s.f.).

El desarrollo rural busca dar respuesta a tres necesidades básicas para hacer posible un futuro sostenible:

- Mejorar la formación y el bienestar de los miles de millones de personas que viven en este medio (cerca de la mitad de la población mundial), erradicando la pobreza extrema y evitando su migración hacia la marginación de la periferia de las ciudades.
- Lograr una producción agrícola sostenible para asegurar que todos los seres humanos tengan acceso a los alimentos que necesitan.
- Proteger y conservar la capacidad de la base de recursos naturales para seguir proporcionando servicios de producción, ambientales y culturales (Martin 2000).

3.3. Desarrollo local

El desarrollo local es un proceso dinamizador de la sociedad local para mejorar la calidad de vida de la comunidad local, siendo el resultado de un compromiso por el que se entiende el espacio como lugar de solidaridad activa, lo que implica cambios de actitudes y comportamientos de instituciones, grupos e individuos. Un nuevo desarrollo local para el desarrollo rural en los espacios rurales es un proyecto extraordinario. No hay justificación para mantener enfoques y políticas tradicionales que consolidan modelos de desarrollo en crisis. Por esta razón la innovación social debe ser liderada por las personas con responsabilidades públicas (Martin 2000).

Los pueblos tendrán un futuro digno cuando las poblaciones, la participación social y los agentes públicos y privados asuman la necesidad de abandonar los enfoques tradicionales, promover las nuevas tendencias y los nuevos conceptos y metodologías, y sean capaces de percibir, sentir y aprovechar las oportunidades del mundo rural (las dinámicas demográficas, las estrategias de desarrollo local, las nuevas relaciones y mitos entre la ciudad y el campo) (Martin 2000).

3.4. Cultivo de ajonjolí

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es una planta oleaginosa dicotiledónea de la familia de las Pedaliáceas, que se cultiva en zonas tropicales y subtropicales de varias partes del mundo. Es originaria de Etiopía, África, se difundió hacia India y China, y de allí al resto del mundo (Ecopetrol 2013).

La planta crece en forma recta y puede llegar a tener hasta dos metros de altura. Es un cultivo anual y su periodo vegetativo oscila entre tres y cuatro meses. Tiene abundantes raíces y, en general, el tallo es muy ramificado; las flores son de color blanco rojizo o amarillo, poseen

ovario súpero con dos celdas, son plantas autógamas. Sus frutos son unas cápsulas que contienen varias semillas planas (entre 15 y 25 semillas cada una). Según la variedad, la semilla puede ser blanca, amarilla, roja, marrón o negra. De la semilla de ajonjolí se obtienen dos productos: aceite (más del 50% de la semilla es aceite) y torta o harina. El ajonjolí contiene dos antioxidantes, sesamina y sesamolina, que son determinantes en la calidad del aceite y en su durabilidad (Ecopetrol 2013).

3.4.1. Importancia nutricional del ajonjolí

En el cuadro 1 se presenta el contenido nutricional del ajonjolí.

Cuadro 1. Contenido nutricional del ajonjolí.

Nutriente	Valor por 100 g
Proximales	
Agua	4.69 g
Energía	573 kcal
Proteína	17.73 g
Lípidos totales	49.67 g
Carbohidratos	23.45 g
Fibra dietética total	11.88 g
Ceniza	4.45 g
Minerales	
Calcio	975 mg
Hierro	14.55 mg
Magnesio	351 mg
Fósforo	629 mg
Potasio	468 mg
Zinc	7.75 mg
Vitaminas	
Niacina	4.5 mg
Folato total	97 µg
Vitamina E	2.27 mg
Lípidos	
Ácidos grasos saturados	6.957 g
Ácidos grasos monoinsaturados	18.759 g
Ácidos grasos polinsaturados	21.773 g
Colesterol	0 mg
Fitosteroles	714 mg

Fuente: Tejada (2018).

3.4.2. Clasificación taxonómica del ajonjolí

En el cuadro 2 se presenta la clasificación taxonómica del ajonjolí.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica del ajonjolí.

Reino	Vegetal
División	Tracheophytae
Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotiledónea
Orden	Lamiales
Familia	Pedaliaceae
Género	<i>Sesamum</i>
Especie	<i>indicum</i> L.
Nombre científico	<i>Sesamum indicum</i> L.
Variedades	Semilla blanca y marrón

Fuente: Ruano (2021).

3.4.3. Morfología del ajonjolí

El ajonjolí es una planta dicotiledónea, presenta un sistema radicular pivotante muy desarrollado, con una raíz principal y un sistema axonomorfo (raíces secundarias y pelos absorbentes), fibrosa, superficial, es sensible a la falta de oxígeno (Gutiérrez 2004).

El tallo tiene diferentes alturas desde 0.5 a 3 m, recto con o sin ramificaciones, con o sin pelos, posee formas cilíndrico o cuadrangular (AREPB 2018).

Los cotiledones son las primeras hojas que aparecen después de la siembra, aunque la mayoría de plantas son dicotiledóneas (tienen dos), también hay monocotiledóneas, con uno solo. La forma de los cotiledones es un carácter importante para identificar a la planta recién nacida, por lo general son alargados, ovalados o con forma de corazón. A menudo una misma especie puede presentar cierta variabilidad en sus cotiledones (Durán s.f.).



Figura 1. Forma de la hoja de los cotiledones.

Las hojas son opuestas y alternas con largos peciolos, con 3 a 6 lóbulos separados, ovalo lanceoladas, dentadas, varían de formas influyendo la forma del terreno, clima, otros factores como la altitud, latitud, humedad (Gutiérrez 2004).

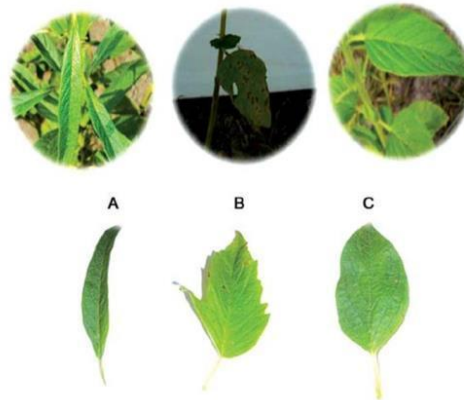


Figura 2. Formas de la hoja de ajonjolí: A) lanceoladas, B) dentadas y C) lobuladas.

Las flores son autógamas, son completas, gamopétalas (pétalo de una sola pieza), zigomorfas (tienen simetría bilateral, un solo plano de simetría), aparecen en racimos que pueden ser alternos o contrarios, cada flor posee pedúnculo corto. El cáliz de la flor tiene 5 sépalos, la corola es tubular de color blanco a violeta, con un lóbulo arriba y tres abajo, pueden ser de color rosado, blanco o violeta, axilares y se pueden presentar de una a tres por axila de hoja (AREPB 2018).

El cáliz de cada flor del ajonjolí tiene 5 sépalos en una sola pieza, de color verde, formando un conjunto de cálices; la corola presenta forma tubular, de color blanca a violeta, con un lóbulo para arriba y tres para abajo (AREPB 2018).

El estigma es receptivo antes de la apertura de la flor, permaneciendo así durante un máximo de 24 horas después de la antesis. En consecuencia, los insectos que entran en la flor para recoger el polen, contribuyen tanto a la polinización cruzada y a la autopolinización de las flores (AREPB 2018).

El androceo es la estructura reproductora masculina, tiene cuatro estambres distribuidos en par, uno menor que el otro, epipétalos, soldadas en la base alta del labio del tubo de la corola y anteras con dehiscencia. Las anteras son de color amarillento (AREPB 2018).

Los botones de las flores tienen una corola verde y ligeramente rígida, que con el tiempo van creciendo y cambiando de verde a blanco, en esta etapa la flor está desarrollando las anteras y se encuentran a la altura del estigma, pero todavía cerrados (AREPB 2018).

El grano de polen es de color amarillo, el pistilo es bicarpelar, ovario bilocular, con ovario súpero y verdoso, el estilete es filiforme, terminando en estigma bifido con los granos de polen (AREPB 2018).

Antes de la apertura de las flores, las anteras permanecen cerradas y situadas por debajo del estigma, las anteras tienen una ranura que se abre longitudinalmente. Después de la antesis, dentro de la flor se observa granos de polen por las paredes internas del pétalo, este polen probablemente contribuye a la autopolinización porque el estigma está receptivo y en contacto con los granos (AREPB 2018).

Los frutos son cápsulas pubescentes, su rango de tamaño es entre 2 a 8 cm y con un diámetro de 0,5 a 2 cm. El grado de dehiscencia es una característica varietal y de gran importancia económica, la altura de la primera fruta también es una característica varietal muy importante para la recolección. Los frutos se encuentran en las axilas de las hojas y en cada axila pueden haber de una a tres frutos y el número de frutos por planta está directamente relacionada con el número de flores, considerando que el medio ambiente puede afectar a esta relación, favoreciendo la caída de las flores (AREPB 2018).

Las semillas son pequeñas, 1,000 semillas pesan de 2 a 4 g, habiendo más de 20 semillas por lóbulo del fruto, existen diferencias entre cultivares, como el número de semillas por fruto y el tamaño de la semilla (AREPB 2018).

Las semillas son numerosas, ovaladas, achatadas, blanquecinas, amarillas o pardo rojizas de acuerdo con la variedad que se cultiva, son lisas y brillantes, de sabor dulce y oleoso, contienen de 45 a 55% de aceite fijo, 22% de proteínas y 4% de mucílago (AREPB 2018).

3.4.4. Condiciones agroecológicas del ajonjolí

El ajonjolí es una planta de alta adaptabilidad; sin embargo, su cultivo da los mejores resultados en las regiones donde las altas temperaturas, abundante luminosidad y una precipitación suficiente le aseguran las mejores condiciones. La precipitación debe estar bien

distribuida a lo largo de su fase vegetativa y durante la floración. Los suelos deben ser preferiblemente profundos, fértiles, francos arenosos, con buen drenaje, de esta manera se favorece el desarrollo de un sistema radical abundante que asegure una buena absorción de agua y sales minerales (Ecopetrol 2013).

El ajonjolí se adapta a zonas desde el nivel del mar hasta los 600 metros de altura, arriba de esta altura disminuye el rendimiento y la calidad del aceite. El ajonjolí es una planta fotoperiódica, alcanza su óptimo desarrollo en períodos de días largos, le favorecen temperaturas mínimas de 20° C y temperaturas máximas de 38° C, siendo la óptima de 27.5° C (Centeno 2009).

Requiere humedades relativas entre 40% a 50%, por eso se siembra en todos los países de Centro América. El ajonjolí prefiere suelos de textura franca (F) o franco arenoso (FA), que tengan buen drenaje interno y externo, se adapta bien a suelos con pH entre 5.5 a 7.5 (Centeno 2009).

3.5. Variedades de ajonjolí

Según el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de Guatemala (ICTA), las variedades comerciales de ajonjolí cultivadas tradicionalmente en las diferentes zonas productoras, con rendimientos promedio entre 600 a 800 kg.ha⁻¹ son:

- Variedad Venezuela 44. Variedad que ramifica, es de ciclo medio, tarda de 90 a 95 días en producir, tiene buena resistencia al ataque de hongos del suelo.
- Variedad Precoz. Tiene la ventaja de que su período vegetativo es corto, se cosecha a los 80 días después de la siembra.
- Variedad Inamar. Híbrido con buena producción y adaptación a suelos pesados (ICTA 1982).

3.5.1. Plantas ramificadas y no ramificadas de ajonjolí

Según el AREPB (2018), el genotipo ideal para obtener mayor rendimiento de semillas por planta de ajonjolí debe presentar un sistema radicular profundo, porte elevado, gran cantidad de número de ramas y número de cápsulas por ramo, alto peso de semillas y elevado índice de cosecha. Las variedades de ajonjolí se pueden clasificar en:

- Variedades ramificadas: son variedades de dos a ocho ramas.
- Variedades no ramificadas: son variedades de una sola rama.

3.6. Duración del ciclo del cultivo

Las variedades de ajonjolí de ciclo corto o precoces (65 a 75 días) generalmente son de una guía sin ramas, en la medida en que se incrementan las ramas aumenta el ciclo del cultivo. Las variedades de tipo intermedio (90 días) y de ciclo largo o tardío son (115 a 120 días) generalmente de mayor rendimiento que los de ciclo corto (AREPB 2018).

3.7. Fenología del ajonjolí

La fenología del cultivo permite un conocimiento detallado de cada fase de la planta y da un mejor manejo agronómico de cada especie, es de destacar que cada especie tiene una fase fenológica de mayor interés para la explotación comercial. En el caso del ajonjolí, la etapa más importante es la floración, que se correlaciona directamente con las etapas de la formación y maduración de los frutos, las fases fenológicas caracterizadas por el ajonjolí pueden ser: vegetativa, floración y fructificación, como se presenta en el cuadro 3 (AREPB 2018).

Cuadro 3. Fases fenológicas del cultivo de ajonjolí.

Etapa fenológica	Días después de la siembra	Temperatura	Precipitación	Viento
Germinación y plántula	0 a 15	32 a 35° C	No soporta encharcamiento	
Desarrollo vegetativo	15 a 30	27° C	Soporta alta humedad	
Inicio de floración	22 a 45	27° C	Humedad moderada, exceso de lluvia, da poca floración y enfermedades	El viento afecta
Desarrollo de flores, inicio y llenado de cápsulas	30 a 60	27 a 39° C	Poca lluvia para llenar grano y disminuir enfermedades y cápsulas	El viento afecta
Cápsulas en maduración	65 a 90	No hay efecto por variaciones de temperatura	Poca lluvia para evitar pudrición de cápsula y manchado de grano	Etapa más susceptible al acame

Fuente: AREPB (2018).

3.8. Preparación del suelo para la siembra

El suelo para la siembra de ajonjolí debe quedar bien pulverizado debido al tamaño tan pequeño de la semilla. Se recomienda una aradura a 20 cm de profundidad y dos rastreadas. Es aconsejable emparejar el terreno mediante la pasada de un tablón pesado colocado detrás de la rastra. Como el ajonjolí es muy susceptible al exceso de humedad, deben construirse canales de drenaje para evitar el encharcamiento del terreno (ICTA 1982).

3.8.1. Siembra del ajonjolí

Se recomienda una distancia de siembra de 60 a 80 cm entre surcos y de 20 a 25 cm entre plantas. Para áreas pequeñas la siembra puede ser manual en surcos a chorro seguido o al voleo, con frecuencia el ajonjolí se siembra intercalado con otros cultivos, sin embargo, debe tenerse en cuenta que esta planta es muy sensible a la luz y puede perjudicarse si recibe sombra, especialmente en la época de floración (Sánchez 1997).

3.8.2. Manejo de la plantación

Según el ICTA (1982), el manejo de una plantación de ajonjolí incluye las siguientes actividades:

- Raleo. El crecimiento de las plantas durante los primeros 30 días es lento. El raleo se debe hacer durante la tercera semana después de la germinación, cuando las plantas alcanzan de 10 a 12 cm, dejando una o dos plantas.
- Fertilización. Debe realizarse de acuerdo al análisis de suelo, generalmente toda la aplicación se hace a la siembra. En algunas regiones pueden aplicarse de 10 a 60 kg.ha⁻¹ de nitrógeno y de 30 a 40 kg.ha⁻¹ de fósforo; sin embargo, cuando el suelo tiene muy bajo contenido de nitrógeno o de materia orgánica, una aplicación adicional de 25 kg.ha⁻¹ de fertilizante nitrogenado es recomendable.
- Control de malezas. El terreno se debe mantener limpio de malas hierbas, principalmente durante los primeros 45 a 50 días de establecido el cultivo, ya que la competencia de las malezas con las plantas afecta el rendimiento.

- Plagas. Las plagas no causan daño económico en el cultivo de ajonjolí, sin embargo, las más frecuentes son en la raíz: gallina ciega; en el follaje: prodenia, gusano peludo, áfidos o pulgones y tortuguillas.
- Enfermedades. La principal enfermedad de este cultivo es producida por hongos del suelo de los géneros *Phytophthora* y *Fusarium*, causando una pudrición negra en la base del tallo a la altura del cuello y raíz, cuando el ataque se produce en etapas avanzadas de desarrollo se debilitan las plantas, se acelera la maduración y se reduce el rendimiento. La incidencia en etapas tempranas provoca el marchitamiento y muerte de las plantas. Algunas otras enfermedades que atacan al cultivo en su follaje son: mancha de la hoja (*Alternaria sesami*), mancha blanca redonda (*Cercospora sp.*), mancha irregular (*Cylindrosporium sesami*), mancha bacterial de la hoja (*Pseudomonas sesami*).

3.9. Cosecha de ajonjolí

Es la labor más exigente del cultivo, debe realizarse en el momento oportuno, de lo contrario las cápsulas bajas se abren y la semilla cae al suelo. La mejor época para la cosecha es cuando las plantas han alcanzado su madurez fisiológica, esto se manifiesta por los indicadores de cosecha como el amarillamiento de las hojas, el inicio de la defoliación, las cápsulas son verdes o amarillas, las semillas son de color marrón claro, las cápsulas bajas están secas y han empezado a abrirse. Tan pronto que esto último ocurra, debe iniciar el corte, de allí en adelante la dehiscencia de las cápsulas progresa rápidamente hacia el ápice de la planta (Sánchez 1997).

La cosecha se efectúa en forma manual o semi-mecanizada. A medida que se cortan las plantas se agrupan en pequeños haces de 10 a 15 plantas, de manera que se formen torrecitas cónicas, con 30 o 40 cm de diámetro en la parte superior, que se amarran y se dejan sobre el terreno entre 10 a 24 horas para que se sequen. A los 15 días después del corte los haces están listos para la trilla. Esta puede hacerse a mano sacudiendo y golpeando las plantas sobre una lona para sacar las semillas de las cápsulas o con una trilladora mecánica (MAG 1991).

3.10. Selección masal

El objetivo de la selección masal es mejorar el comportamiento general de una población de plantas mediante la selección y multiplicación de genotipos. La selección se realiza con plantas

que poseen apariencias muy similares (fenotípicamente), y luego por medio masal a través de la cosecha de las semillas. Este método de selección es importante en la mejora de variedades criollas y producción de semillas puras, ya que provee estabilidad en ambientes diversos (IICA s.f.).

3.11. Caracterización de recursos fitogenéticos

Según Hernández (2013), el objetivo de la caracterización de recursos fitogenéticos es medir la variabilidad genética de una colección mediante el uso de descriptores definidos, considerando que los patrones de diversidad genética de las plantas cultivadas resultan de la interacción de los factores principales siguientes: mutación, migración, recombinación, selección y deriva genética. La caracterización en plantas es considerada como la determinación del conjunto de características para diferenciarlas taxonómicamente, se debe de tomar en cuenta que para medir la variabilidad es necesario utilizar descriptores discriminatorios y establecer el experimento con un mínimo de cinco plantas por accesión en lotes homogéneos en dos replicaciones, de este modo se obtendrá mejor y mayor información en el análisis estadístico.

La caracterización de la variabilidad detectable visualmente hace referencia a las características responsables de la morfología de la planta llamada botánicas- taxonómicas; las características relacionadas con aspectos de manejo agronómico y de producción denominadas morfoagronómica y las evaluativas que son las que se expresan como reacción a estímulos del medio ambiente. La caracterización de la variabilidad tiene varias limitaciones entre las que destacan la escasa cantidad y baja calidad de las semillas, la pobre documentación de las colecciones y la baja disponibilidad de recursos económicos para el mantenimiento de bancos de germoplasma (Hernández 2013).

3.12. Descriptores

Según Molina y Castillo (2014), un descriptor es el nombre que se le asigna a una característica o a una parte de la planta, fruto o semilla, el cual se quiere medir. Indica que un descriptor es una variable que se observa en un conjunto de elementos, ejemplo: altura de la planta, color de la flor, entre otros; además, la preparación de una lista de descriptores a menudo es un proceso repetitivo. Los descriptores pueden ser:

- **De pasaporte:** Son los que proporcionan la información básica que se utiliza para el manejo general de la accesión, describiendo los parámetros que se deberían de observar cuando se recolecta originalmente la muestra.
- **De manejo:** Proporcionan las bases para el manejo de las muestras en el banco de germoplasma y ayudan durante su multiplicación y regeneración.
- **Del sitio y el medio ambiente:** Se describen los parámetros específicos del sitio y del medio ambiente que son importantes cuando se realizan pruebas de caracterización y evaluación, en esta categoría se incluyen los descriptores del sitio de recolección del germoplasma.
- **De caracterización:** Son los que permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan en todos los ambientes.
- **De evaluación:** La expresión de muchos de los descriptores de esta categoría depende del medio ambiente y en consecuencia se necesitan métodos experimentales especiales para evaluarlos.

3.13. Tabla de Munsell

Para interpretar una notación Munsell, se descompone en tres componentes: tono (hue), valor (value) y croma (chroma) (Munsell color s.f.):

- Tono (Hue): El tono se refiere a la cualidad del color que permite distinguirlo. En el sistema Munsell, los tonos se organizan en un círculo que incluye cinco colores principales (rojo, amarillo, verde, azul y púrpura) y cinco intermedios.
- Valor (Value): El valor indica la claridad u oscuridad de un color, variando en una escala de 0 (negro) a 10 (blanco). Por ejemplo, un valor de 2 sería un tono oscuro, mientras que un valor de 8 sería un tono claro.
- Croma (Chroma): Indica la saturación o intensidad de un color. Un croma bajo significa un color apagado o débil, mientras que un croma alto indica un color vivo y saturado.

Por ejemplo: una notación Munsell como 5R 6/14 se interpreta así:

- 5R: Tono, rojo con matices cercanos al rojo 5.
- 6: Valor, indica que el color es de luminosidad media.
- 14: Croma, el color es bastante saturado o intenso.

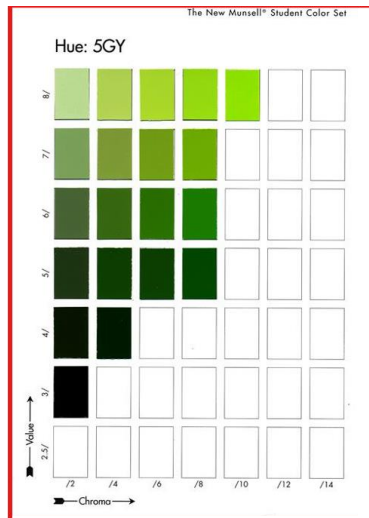


Figura 3. Tabla de Munsell.

3.14. Usos e importancia del ajonjolí

En su estado natural el ajonjolí se usa en la elaboración de panes, galletas y dulces, se utiliza además en la preparación de jugos, licuados, yogures, salsas, sopas, ensaladas y de la tradicional mole. También se industrializa para producir aceites comestibles, margarinas y cosméticos (SADER 2017).

En el procesamiento se buscan dos finalidades: venta (mercado nacional o internacional) e industrialización de aceites y subproductos (Vásquez 2001).

3.15. Cadena productiva del ajonjolí

Según Tejada (2018), la cadena productiva del ajonjolí se compone de tres eslabones estratégicos: los productores primarios (agricultores), transformadores -comercializadores y los consumidores (figura 4).

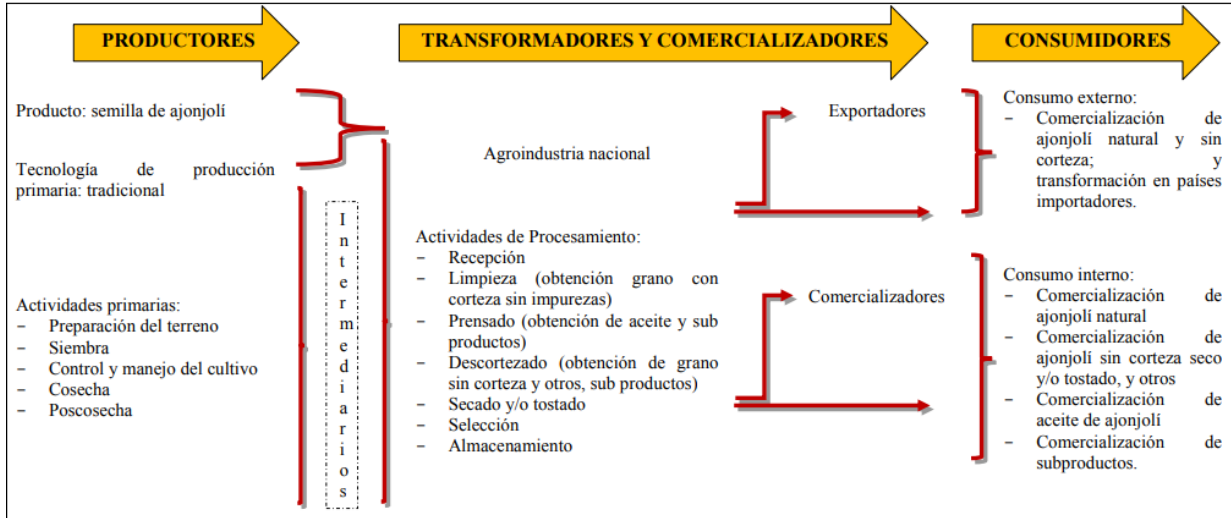


Figura 4. Cadena productiva del ajonjolí.

4. Materiales y métodos

4.1. Ubicación de la investigación

La investigación se realizó de julio a octubre de 2020 en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador, con una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste; y coordenadas planas de 261.5 km Latitud Norte y 489.6 km Longitud Oeste; las temperaturas oscilan de 25° C a 35° C; los suelos son de origen aluvial con planicies y textura franco arenoso.

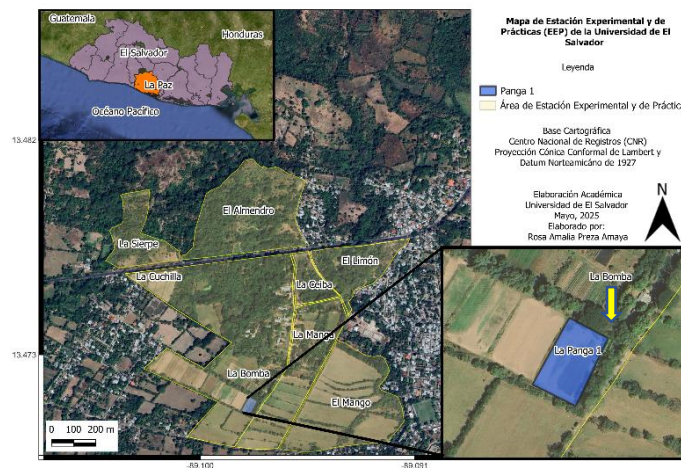


Figura 5. Mapa de Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador.

4.2. Metodología de campo

La investigación se estableció en el lote La Bomba, específicamente en la “panga” uno, la cual tiene una superficie de 45 metros (m) de ancho por 85 m de largo, de ese total se utilizó 17.6 m de ancho por 21 m de largo, donde se delimitaron cuatro bloques y dentro de cada bloque cinco parcelas.



Figura 6. Lote utilizado en la panga uno.

Antes de establecer el ensayo al terreno se le realizó una chapoda, seguido de tres pasos de rastra, luego se realizó el surcado con un distanciamiento de 0.8 m entre cada surco y un largo de 21 m, para todo ello se utilizó un tractor.



Figura 7. Chapoda del terreno.



Figura 8. Paso de rastra.



Figura 9. Realización de los surcos.

4.2.1. Herramientas utilizadas para la caracterización del cultivo

Se utilizó una báscula semianalítica digital, pie de rey, cinta métrica, listones de colores para identificar las selecciones, tabla de Munsell, bolsas para secado realizadas de malla antiáfidos, estacas, bolsas plásticas para el muestreo de suelos, marcadores, libreta de campo, cámara fotográfica, recipientes plásticos y viñetas.

El instrumento utilizado para evaluar las cinco selecciones de ajonjolí es un descriptor del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP), el cual contiene descriptores cualitativos y cuantitativos que retoman los caracteres morfológicos, fenológicos, rendimientos y características nutricionales del grano (anexo 2).

4.2.2. Distribución de las selecciones de ajonjolí

Las selecciones de ajonjolí utilizadas en esta investigación se encontraban en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, las cuales han sido colectadas por investigadores de la Facultad en El Salvador (cuadro 4).

Cuadro 4. Nombre y código de las selecciones de ajonjolí.

Nombre del material	Código para distinguir en campo
Narcisa	1
Maroma	2
SPA 81	3
SPA 222	4
Criollo ramificado	5

La distribución de las selecciones de ajonjolí evaluadas dentro de las parcelas se realizó al azar hasta completar los cuatro bloques. En el plano de campo se observa la distribución que tuvieron las selecciones dentro del área asignada (figura 10).

4.2.3. Siembra

La siembra se realizó en forma manual a chorro seguido; las semillas de cada selección de ajonjolí fueron divididas en cinco partes, y en el campo esas porciones fueron colocadas dentro de los bloques, según el plano de campo (figura 10).

Cada bloque medía 3 m de ancho por 17.6 m de largo y un área total de 52.8 m²; dentro de cada bloque se ubicaron 5 unidades experimentales o parcelas de 3 m de largo por 1.6 m de ancho. Cada parcela de ajonjolí tenía 3 surcos, la distancia entre plantas fue de 0.15 m, lo que dio 20 plantas por surco, por lo que en 3 surcos se tenía un total de 60 plantas; entre cada parcela de ajonjolí o unidad experimental se dejó un espacio de 2.4 m donde se sembró 2 surcos de maíz negro (M); por cada unidad experimental se tomó 10 plantas para obtener los datos.

Lote La Bomba																			N↑							
		17.6 metros (23 surcos incluyendo el maíz)																								
		1.6 m	2.4 m	1.6 m	2.4 m	1.6 m	2.4 m	1.6 m	2.4 m	1.6 m	2.4 m	1.6 m	2.4 m	1.6 m	2.4 m	1.6 m	2.4 m	1.6 m								
21 m de largo	3 m.	.	2	.	M	M	.	5	.	M	M	.	4	.	M	M	.	1	.	M	M	.	3	.		Bloque I
	3	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	.
	3 m.	.	4	.	M	M	.	1	.	M	M	.	3	.	M	M	.	2	.	M	M	.	5	.		Bloque II
	3	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	.
	3 m.	.	5	.	M	M	.	4	.	M	M	.	1	.	M	M	.	3	.	M	M	.	2	.		Bloque III
3	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	.
3 m.	.	3	.	M	M	.	2	.	M	M	.	5	.	M	M	.	4	.	M	M	.	1	.		Bloque IV	
3	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	M	M	.	.	.	.

Figura 10. Plano de campo de la distribución de las selecciones de ajonjolí evaluadas.

Dónde:

Tratamiento 1 (T1) variedad Narcisa.

Tratamiento 2 (T2) variedad Maroma.

Tratamiento 3 (T3) variedad SPA 81.

Tratamiento 4 (T4) variedad SPA 222.

Tratamiento 5 (T5) variedad Criollo ramificado.



Figura 11. Delimitación de subparcelas y siembra de selecciones.

4.2.4. Manejo agronómico del cultivo de ajonjolí

El riego se aplicó dos veces por semana a través de un sistema de riego por aspersión móvil, el tiempo de riego por cada ciclo fue de tres horas.

El deshije se llevó a cabo 15 días después de la siembra, dejando una distancia entre plantas de 15 centímetros, quedando 20 plantas en 3 metros lineales.



Figura 12. Realización del deshije del ajonjolí.

Para implementar el programa de fertilización al suelo del ajonjolí se llevó a cabo un muestreo de suelos en la parcela antes de establecer el cultivo, para ello se hizo el siguiente procedimiento: se realizó un recorrido en forma de zig-zag, con un azadón y al azar se abrieron 10 agujeros en forma de "V" a una profundidad de 20 cm; la tierra que se sacó de cada hoyo se colocó a un lado del mismo y en uno de los lados del agujero se realizó un corte de aproximadamente una pulgada de ancho desde arriba hasta abajo del hoyo, la tierra que cae de este corte se colocó en un recipiente de plástico limpio, esto se repitió en los nueve agujeros restantes.

Al final se mezcló toda la tierra y se depositó una libra en una bolsa de papel limpia, la cual fue enviada al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, para realizar los análisis de los siguientes elementos: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, aluminio, pH y materia orgánica; esta muestra debe de ir rotulada con la siguiente información: nombre del propietario del terreno, nombre de la finca, ubicación, área del terreno, cultivo a sembrar y, última fertilización y aplicación de cal realizada.



Figura 13. Realización del muestreo de suelos.

Para elaborar el programa de fertilización del cultivo se ejecutó un análisis de suelo, según el Manual para interpretación de resultados de análisis químicos y cálculos de enmiendas para suelos de CENICAFE (2018), en la “panga” uno el suelo presento los resultados siguientes (cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados del análisis de suelo.

*Característica	Resultado	Rango
Materia orgánica	7.67%	Excesivo
pH en KCL	5.44	Medianamente acido
Fósforo	21.69 ppm	Adecuado
Potasio	345 ppm	Excesivo
Calcio	15.92 ppm	Excesivo
Magnesio	454.31 ppm	Deficiente
Sodio	71.5 ppm	Adecuado
Aluminio	18 ppm	Adecuado

Fuente: *CENICAFE (2018).

Con base en esos resultados se aplicó el siguiente programa de fertilización: entre los 15 a 20 días después de la siembra se aplicó 2 g por planta de fórmula 18-46-0, a los 45 a 50 días después de la siembra se aplicó 3 g por planta de fórmula 15-15-15.

El control de malezas se hizo de forma manual utilizando cuma, evitando que la maleza alcance el tamaño del cultivo.



Figura 14. Control de malezas.

Durante la investigación se evaluaron cinco selecciones de ajonjolí utilizando un descriptor del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México, y la tabla de Munsell, con caracteres cualitativos como: color y forma del tallo de las plantas, color y forma de las hojas, color de las flores y nectario, color de las cápsulas; y caracteres cuantitativos como: altura de las plantas; diámetro basal, medio y apical; número de semillas por cápsula; número de cápsulas por planta y el peso de mil semillas. Además, se realizó un análisis bromatológico a las semillas de las selecciones en estudio para interpretar su contenido nutricional.

4.3. Metodología de laboratorio

El análisis bromatológico proximal se realizó a los granos de ajonjolí cosechados de cada una de las selecciones evaluadas en cada bloque del estudio, hasta completar una libra de grano de cada selección para realizar los análisis respectivos en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, donde se determinó lo siguiente: humedad parcial y total, extracto etéreo, proteína cruda, fibra cruda, cenizas y carbohidratos.

4.3.1. Determinación del contenido de humedad

Consistió en la pérdida de peso por calentamiento a temperatura controlada, luego se llevó al desecador en donde se determinó la pérdida de peso.

Determinación de la humedad parcial: se basa en la diferencia de peso cuando una muestra es colocada en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60° C durante 24 horas, luego se coloca en un desecador para enfriar la muestra seca y posteriormente se pesa para calcular el porcentaje de humedad parcial (AOAC 1990).

$$\% \text{ de humedad parcial} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)} \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

Determinación de humedad total: se basa en tomar una muestra molida y seca en una caja de aluminio, luego se coloca en una estufa de vacío a temperatura de 105° C por seis horas, pasado el tiempo se mantiene en un desecador por un tiempo de 20 minutos para enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se pesa para calcular el porcentaje de humedad total (AOAC 1990).

$$\% \text{ de humedad total} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)} \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

4.3.2. Determinación del extracto etéreo

Se hizo por el método de Soxhlet, utilizando como solvente éter de petróleo. El proceso consistió en una solubilización de los materiales de la muestra, el éter se evapora y se condensa continuamente y al pasar a la muestra extrae materiales solubles. El extracto se recoge en un balón y cuando el proceso se completa por un periodo de seis horas, el éter se destila y se recolecta en otro recipiente, y la grasa cruda que queda en el balón se seca y se pesa (AOAC 1990).

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{Peso de balón + EE (g)} - \text{Peso de balón (g)} \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

4.3.3. Determinación de proteína cruda

Consistió en tres procesos: digestión, destilación y titulación, que llevan a la destrucción oxidativa de los componentes de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado y formación de anhídrido carbónico (CO₂) y anhídrido sulfuroso (SO₂), mientras que el nitrógeno queda retenido como sulfato de amonio (NH₄)₂SO₄; posteriormente se transforma en amoníaco el cual se destila sobre un ácido estándar débil para formar la respectiva sal amoníaca, que al final se titula con una solución ácida estandarizada (AOAC 1990).

Al final se calcula el porcentaje de nitrógeno con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = (\text{ml HCl muestra} \times N \text{ 0.014} \times 100) / \text{peso de muestra}$$

$$\text{Porcentaje de proteína cruda} = \text{porcentaje Nitrógeno} \times 6.25$$

Dónde:

ml = ml de HCl.

N = normalidad de HCl utilizado en la valoración.

6.25 = factor de conversión de nitrógeno a proteína cruda.

4.3.4. Determinación de fibra cruda

Se utilizo el método gravimétrico, que es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con solución de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas (AOAC 1990).

$$\% \text{ de fibra cruda} = \frac{(\text{Peso del crisol con residuo seco}) - (\text{Peso del crisol vacío}) \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

4.3.5. Determinación de cenizas

Se realizo a través de la incineración o calcinación de la muestra en un horno de mufla a temperatura de 550° C por un período de dos horas para quemar el material orgánico, quedando solo el inorgánico llamado ceniza que no se destruye a esta temperatura quedando solo los minerales presentes en la muestra (calcio, fósforo y potasio) (AOAC 1990).

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza (g)} \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

4.3.6. Solubilización de cenizas

Para la determinación de calcio, fósforo y potasio se utilizó la ceniza con ácido clorhídrico y agua destilada, se llevó a ebullición y luego se realizó un filtrado a través de un papel filtro N° 42 para separar los minerales, para su posterior cuantificación (AOAC 1990).

4.3.7. Determinación de carbohidratos

Se realizó a través de la diferencia del 100% de muestra menos cada uno de sus proporciones calculadas (AOAC 1970), a esta determinación se le conoce como Extracto Libre de Nitrógeno.

$\% \text{ E.L.N} = 100\% - (\% \text{ Cenizas} + \% \text{ Nitrógeno} + \% \text{ Extracto etéreo} + \% \text{ Fibra cruda})$.

4.4. Metodología estadística

4.4.1. Diseño estadístico

Para evaluar las cinco selecciones de ajonjolí se utilizó un diseño estadístico de bloques completos al azar, con cinco tratamientos los cuales se describen a continuación:

- Tratamiento 1 (T1) variedad Narcisa.
- Tratamiento 2 (T2) variedad Maroma.
- Tratamiento 3 (T3) variedad SPA 81.
- Tratamiento 4 (T4) variedad SPA 222.
- Tratamiento 5 (T5) variedad Criollo ramificado.

El propósito del bloqueo fue reducir el error experimental que pudiera surgir de los factores no controlados como la heterogeneidad del suelo, gradientes de humedad y pendiente, para lo cual se delimitaron cuatro bloques, cada bloque conto con cinco tratamientos, los cuales fueron distribuidos al azar, para el análisis de varianza se utilizó una significancia del 0.05.

(figura 10).

El diseño de bloques completos al azar es muy utilizado cuando el material experimental no es homogéneo y es posible dividirlo en grupos más o menos homogéneos. Si el lugar donde se instalará el experimento presenta una gradiente conocida en una sola dirección, el área experimental se divide en bloques, los cuales deben orientarse perpendicularmente a la gradiente, logrando de esta manera que sean lo más homogéneamente posible (Nuila 1990).

Este diseño se aplicó para las variables: altura de la planta; diámetro del tallo basal, medio y apical; número de cápsulas; número de semillas por cápsula y peso de mil semillas.

El modelo estadístico para este diseño es: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = es la respuesta observada en cualquier unidad experimental o celda.

μ = es la media del experimento.

T_i = es el efecto de cualquier tratamiento i .

β_j = efecto de cualquier bloque j .

e_{ij} = error experimental en la celda (i, j) .

4.4.2. Tamaño de la muestra

Cada bloque medía 3 m de ancho por 17.6 m de largo y un área total de 52.8 m²; dentro de cada bloque se ubicaron 5 unidades experimentales o parcelas de 3 m de largo por 1.6 m de ancho. Cada parcela de ajonjolí tenía 3 surcos, la distancia entre plantas fue de 0.15 m, lo que dio 20 plantas por surco, por lo que en 3 surcos se tenía un total de 60 plantas; entre cada parcela de ajonjolí o unidad experimental se dejó un espacio de 2.4 m donde se sembró 2 surcos de maíz negro (M); por cada unidad experimental se tomó 10 plantas para obtener los datos.

4.4.3. Análisis multivariado

Según Molina y Castillo (2014), el análisis multivariado son todos aquellos métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples (más de dos variables) de cada individuo. En sentido estricto, son una extensión de los análisis univariados y bivariados que se consideran como tal si todas las variables son aleatorias y están interrelacionadas.

4.4.4. Análisis de componentes principales

Este método realiza una transformación lineal sobre las variables originales y permite generar un nuevo conjunto de variables independientes o componentes principales. Es una herramienta utilizada para estudiar las relaciones que se presentan entre variables correlacionadas (que miden información común), que puede transformar el conjunto original de variables en otro conjunto llamado componentes principales (Molina y Castillo 2014).

5. Resultados y discusión

5.1. Análisis descriptivo de los parámetros cualitativos

Todos los caracteres cualitativos se tomaron haciendo uso de un descriptor del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México, y de la tabla de Munsell.

5.1.1. Cotiledón de la planta

En el cuadro 6 se muestran los caracteres cualitativos de las cinco selecciones en estudio tomados 6 días después de la siembra, haciendo uso de la tabla de Munsell para el color y de los descriptores para la pubescencia y la forma.

Cuadro 6. Caracteres cualitativos del cotiledón de las cinco selecciones en estudio.

Selección de ajonjolí	Altura promedio	Color de cotiledón (Tabla de Munsell)	Color del cotiledón	Color del tallo (Tabla de Munsell)	Color del tallo	Pubescencia	Forma del cotiledón
Narcisa (T1)	4.1 cm	7.5 GY 6/6	Verde-amarillo	2.5 GY 8/8	Verde-amarillo	Poca-casi nula	Redonda
Maroma (T2)	2.4 cm	5 GY 6/8	Verde-amarillo	2.5 GY 8/4	Verde-amarillo	Poca-casi nula	Redonda
SPA 81 (T3)	3.9 cm	5 GY 6/6	Verde-amarillo	2.5 GY 8/6	Verde-amarillo	Poca	Redonda
SPA 222 (T4)	3.0 cm	5 GY 5/8	Verde-amarillo	2.5 GY 8/4	Verde-amarillo	Poca-nula	Redonda
Criollo ramificado (T5)	2.3 cm	5 GY 6/4	Verde-amarillo	2.5 GY 8/4	Verde-amarillo	Poca-nula	Redonda



Figura 15. Cotiledón de la selección Maroma.

5.1.2. Tallo de la planta

El tallo de las cinco selecciones de ajonjolí presento similitud en los parámetros cualitativos, la forma del tallo para las cinco selecciones es rectangular, de color verde, con ramificaciones y con poca pubescencia en el tallo (cuadro 7).

Cuadro 7. Parámetros cualitativos del tallo de las cinco selecciones en estudio.

Selección de ajonjolí	Color del tallo (Tabla de Munsell)	Color del tallo	Forma del tallo	Pubescencia del tallo	Forma de la pubescencia	Ramificación del tallo
Narcisa (T1)	5 GY 7/6	Verde-amarillo	Cuadrado	Pubescente	Corta y delgada	Opuesta
Maroma (T2)	2.5 GY 8/98	Verde-amarillo	Cuadrado	Pubescente	Corta y delgada	Opuesta
SPA 81 (T3)	5 GY 7/6	Verde-amarillo	Cuadrado	Pubescente	Corta y delgada	Opuesta
SPA 222 (T4)	5 GY 7/8	Verde-amarillo	Cuadrado	Pubescente	Corta y delgada	Opuesta
Criollo ramificado (T5)	2.6 GY 8/6	Verde-amarillo	Cuadrado	Pubescente	Corta y delgada	Opuesta



Figura 16. Características del tallo.

5.1.3. Hojas de la planta

En el cuadro 8 se observa que el color de las hojas de las cinco selecciones es verde ligeramente claro, con diferente forma (figura 16).

Cuadro 8. Parámetros cualitativos en la hoja de las cinco selecciones de ajonjolí.

Selección de ajonjolí	Color de las hojas (Tabla de Munsell)	Color de las hojas	Posición de la hoja	Forma de la hoja	Pubescencia	Forma de la pubescencia
Narcisa (T1)	5 GY 4/6	Verde-amarillo	Alternada	Ovada	Escasa o rala	Corta y fina
Maroma (T2)	5 GY 4/6	Verde-amarillo	Alternada	Dentada	Escasa o rala	Corta y fina
SPA 81 (T3)	5 GY 4/6	Verde-amarillo	Opuesta	Ovada	Escasa o rala	Corta y fina
SPA 222 (T4)	5 GY 4/6	Verde-amarillo	Opuesta	Ovada	Escasa o rala	Corta y fina
Criollo ramificado (T5)	5 GY 4/6	Verde-amarillo	Alternada	Dentada	Escasa o rala	Corta y fina

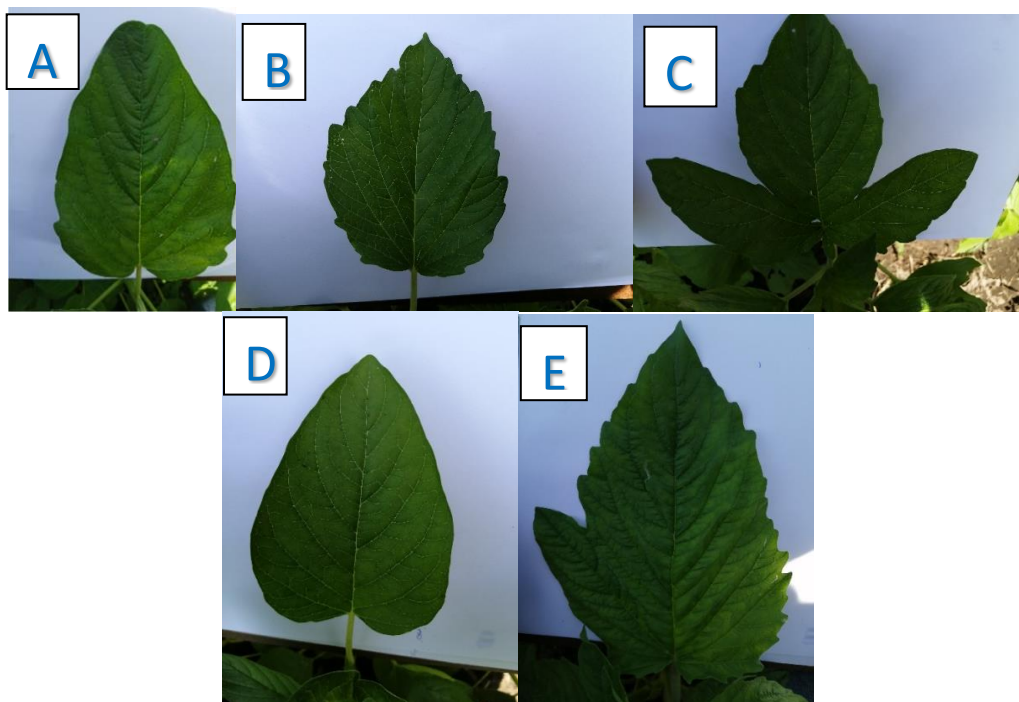


Figura 17. Forma de las hojas de ajonjolí: A) Ovada, B) Dentada, C y D) Ovada, E) Dentada.



Figura 18. Forma y posición de la hoja.

5.1.4. Estructura floral

Según la tabla de Munsell las cinco selecciones de ajonjolí presentan poca variación en su codificación de color, ya que en la estructura superior e intermedia la selección SPA 81 presento diferencia de tono con respecto al resto de selecciones que presentan un color morado leve y verde amarillento. En la parte inferior del petalo de la flor las selecciones SPA

81 y Criollo ramificado son similares, el resto de las selecciones (Narcisa, Maroma y SPA 222) presentaron un color morado más notable que el de la parte superior.

El cáliz para las cinco selecciones presenta el mismo código inicial, variando un poco la tonalidad. En la tonalidad de la corola las selecciones Narcisa y Criollo ramificado presentan similitud en verde 7/4; la selección Maroma y SPA 81 presentaron verde 7/6, y la SPA 222 verde 6/6 (cuadro 9).

Cuadro 9. Pigmentación de la flor de las selecciones de ajonjolí en estudio.

Selección de ajonjolí	Pétalo superior	Pétalo intermedio	Pétalo inferior*	Cáliz**	Corola externa
Narcisa (T1)	5 RP 7/4	2.5 GY 8/4	5 RP 5/8	2.5 GY 6/8	7/4
Maroma (T2)	5 RP 8/4	2.5 GY 8/6	5 RP 6/6	2.5 GY 7/8	7/6
SPA 81 (T3)	2.5 GY 8/4	5 RP 8/4	5 Y 8/12	2.5 GY 6/6	7/6
SPA 222 (T4)	5 RP 8/2	2.5 GY 8/4	5 RP 5/6	2.5 GY 6/8	6/6
Criollo ramificado (T5)	5 RP 7/4	2.5 GY 8/6	5 Y 8/10	2.5 GY 6/8	7/4

*RP: Rosado-purpura.

*Y: Amarillo.

**GY: Verde-amarillo.

El nectario amarillento presenta similitud de código inicial con las selecciones Narcisa y SPA 81; luego se agrupan las selecciones Maroma, Criollo ramificado y SPA 222 quienes muestran tonalidad amarillo diferente al resto de selecciones (figura 19 y 20).



Figura 19. Partes de la flor de las selecciones en estudio.

SPA 222

Criollo ramificado



Figura 20. Partes de la flor de las selecciones en estudio.

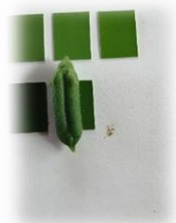
5.1.5. Cápsula

La determinación del color verde de la cápsula según la tabla de Munsell se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10. Codificación del color de la cápsula.

Selección de ajonjolí	Cápsula (Tabla de Munsell)	Color de cápsula
Narcisa (T1)	G 5/8	Verde
Maroma (T2)	G 6/8	Verde
SPA 81 (T3)	G 5/8	Verde
SPA 222 (T4)	G 5/6	Verde
Criollo ramificado (T5)	G 7/4	Verde

Narcisa



Maroma



SPA 81



SPA 222



Criollo ramificado

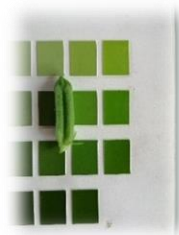


Figura 19. Color de la cápsula.

5.2. Análisis descriptivo y de varianza de los parámetros cuantitativos

5.2.1. Diámetro del tallo basal a los 60 días después de la siembra

La selección SPA 222 (T4) presentó el mayor diámetro del tallo basal a los 60 días después de la siembra con un promedio de 13.84 mm, seguido por la selección SPA 81 (T3) con 13.03 mm, Maroma (T2) con 12.96 mm, Criollo ramificado (T5) con 12.67 mm y el menor se obtuvo con la selección Narcisca (T1) con 12.58 mm (figura 22).

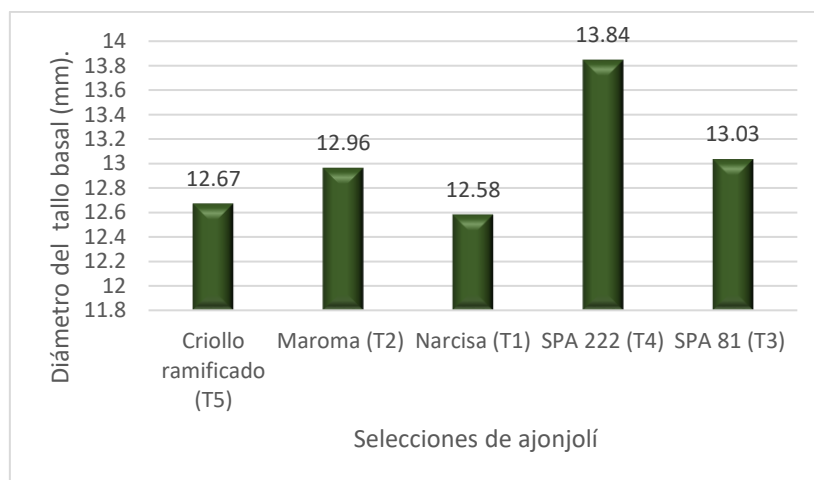


Figura 20. Diámetro del tallo basal de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.

Chile (2022) en su investigación de cinco dosis de un fertilizante químico y una dosis de fertilizante orgánico, encontró que el mayor promedio del diámetro del tallo basal en ajonjolí lo obtuvo con la aplicación del fertilizante químico fórmula 15-15-15, con 18.96 mm.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad de 0.4294, que las cinco selecciones de ajonjolí no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro del tallo basal a los 60 días después de la siembra.

Cuadro 11. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el diámetro del tallo basal a los 60 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	p-valor
Criollo ramificado (T5)	Diámetro del tallo basal (mm) a los 60 días después de la siembra.	40	12.67	2.62	20.71	0.4294 ^{NS}
Maroma (T2)		40	12.96	2.75	21.24	
Narcisa (T1)		39	12.58	3.39	26.96	
SPA 222 (T4)		37	13.84	3.33	24.07	
SPA 81 (T3)		40	13.03	4.45	34.19	

5.2.2. Diámetro del tallo medio a los 60 días después de la siembra

La selección SPA 222 (T4) presentó el mayor diámetro del tallo medio a los 60 días después de la siembra con un promedio de 11.42 mm; seguido por la selección SPA 81 (T3) con 10.68 mm, Criollo ramificado (T5) con 10.40 mm, Maroma (T2) con 10.39 mm y el menor diámetro se obtuvo con la selección Narcisa (T1) con 10.13 mm (figura 23).

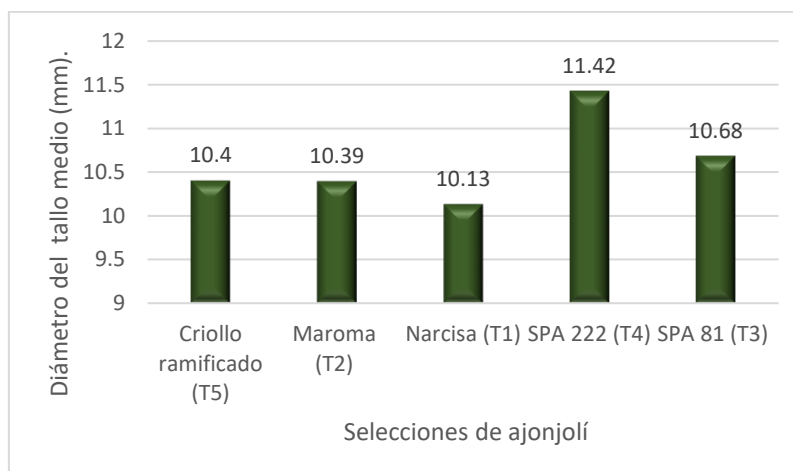


Figura 21. Diámetro del tallo medio de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.

Chile (2022) en su investigación de cinco dosis de un fertilizante químico y una dosis de fertilizante orgánico, encontró que el mayor promedio del diámetro medio del tallo de plantas de ajonjolí lo obtuvo con la aplicación del fertilizante químico fórmula 15-15-15, con 10.97 mm.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad de 0.2886, que las cinco selecciones de ajonjolí no presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro del tallo medio a los 60 días después de la siembra.

Cuadro 12. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el diámetro del tallo medio a los 60 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	P-valor
Criollo ramificado (T5)	Diámetro del tallo medio (mm) a los 60 días después de la siembra.	40	10.4	2.45	23.51	0.2886 ^{ns}
Maroma (T2)		40	10.39	2.19	21.06	
Narcisa (T1)		39	10.13	3.1	30.56	
SPA 222 (T4)		37	11.42	2.92	25.56	
SPA 81 (T3)		40	10.68	3.56	33.31	

5.2.3. Diámetro del tallo apical a los 60 días después de la siembra

La selección SPA 222 (T4) presentó el mayor diámetro del tallo apical a los 60 días después de la siembra con un promedio de 3.82 mm, seguida por la selección Narcisa (T1) con 3.31 mm en promedio; luego la selección SPA 81 (T3) con 3.11 mm, Maroma (T2) con 3.01 mm y el menor diámetro se obtuvo con la selección Criollo ramificado (T5) con 2.68 mm (figura 24).

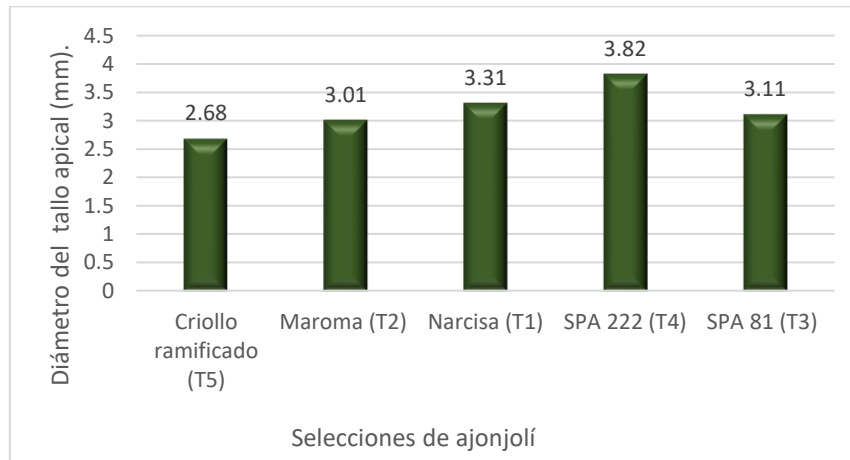


Figura 22. Diámetro del tallo apical de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad de 0.0001, que las cinco selecciones de ajonjolí si presentaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro del tallo apical a los 60 días después de la siembra.

Cuadro 13. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el diámetro del tallo apical a los 60 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	p-valor
Criollo ramificado (T5)	Diámetro del tallo apical (mm) a los 60 días después de la siembra.	40	2.68	0.42	15.72	0.0001*
Maroma (T2)		40	3.01	0.49	16.36	
Narcisa (T1)		39	3.31	1	30.31	
SPA 222 (T4)		37	3.82	0.88	23.14	
SPA 81 (T3)		40	3.11	1.34	43.02	

5.2.4. Altura de las plantas

La selección Maroma (T2) presentó la mayor altura de las plantas a los 60 días después de la siembra con un promedio de 190.53 cm; seguido por la selección SPA 222 (T4) con 190.51 cm, Narcisa (T1) con 173.95 cm, SPA 81 (T3) con 170.45 cm y la menor altura se obtuvo con la selección Criollo ramificado (T5) con 169.95 cm (figura 25).

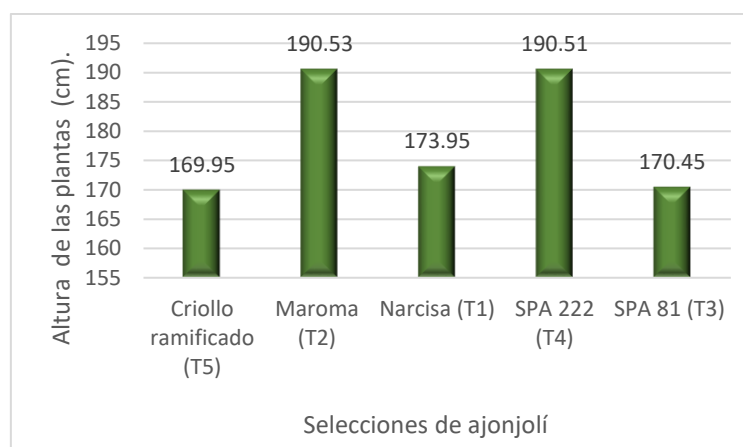


Figura 23. Altura de las plantas de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.

Torres (2008) en su investigación encontró que las plantas de la variedad Escoba tuvo un promedio de altura de 226 cm y menciona que la altura puede considerarse un carácter de diferenciación entre las variedades de ajonjolí.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad de 0.0014, que las cinco selecciones de ajonjolí si presentaron diferencias estadísticas significativas en la altura de las plantas a los 60 días después de la siembra.

Cuadro 14. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en la altura de las plantas a los 60 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	p-valor
Criollo ramificado (T5)	Altura de la planta (cm) a los 60 días después de la siembra.	40	169.95	28.97	17.05	0.0014*
Maroma (T2)		40	190.53	28.17	14.78	
Narcisa (T1)		39	173.95	28.99	16.66	
SPA 222 (T4)		37	190.51	37.81	19.85	
SPA 81 (T3)		40	170.45	29.43	17.26	

5.2.5. Ganancia de altura de las plantas

La selección Maroma (T2) presentó la mayor ganancia de altura de la planta a los 60 días después de la siembra con un promedio de 126.05 cm, seguido por la selección SPA 222 (T4) con 119.54 cm, Narcisa (T1) 114.87 cm, Criollo ramificado (T5) con 107.6 cm y la menor se obtuvo con la selección SPA 81 (T3) con 100.9 cm (figura 26).

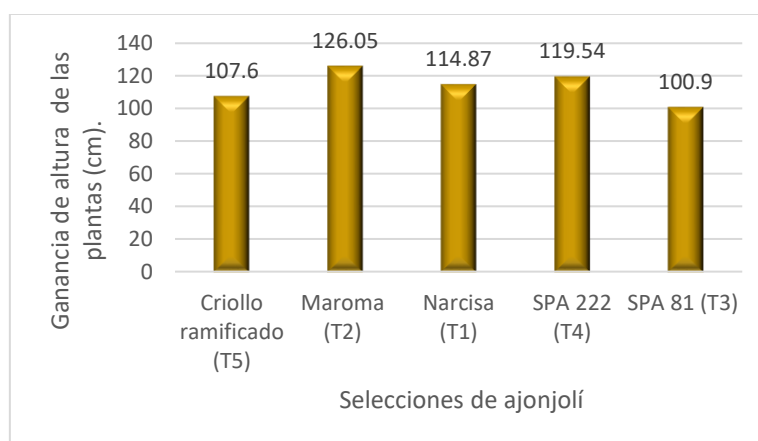


Figura 24. Ganancia de altura de las plantas de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad de 0.001, que las cinco selecciones de ajonjolí si presentaron diferencias estadísticas significativas en la ganancia de altura de la planta a los 60 días después de la siembra.

Cuadro 15. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en la ganancia de altura de las plantas a los 60 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	p-valor
Criollo ramificado (T5)	Ganancia de altura de las plantas (cm).	40	107.6	23.64	21.97	0.001*
Maroma (T2)		40	126.05	20.96	16.63	
Narcisa (T1)		39	114.87	31.15	27.12	
SPA 222 (T4)		37	119.54	38.2	31.96	
SPA 81 (T3)		40	100.9	27.43	27.18	

5.2.6. Ancho de las hojas

Con la selección Maroma (T2) se obtuvo el mayor ancho de las hojas a los 60 días después de la siembra con un promedio de 14.56 cm, seguido por la selección Criollo ramificado (T5) con 14.11 cm, SPA 222 (T4) con 14.03 cm, Narcisa (T1) con 11.67 cm y el menor se obtuvo con la selección SPA 81 (T3) con 10.74 cm (figura 27).

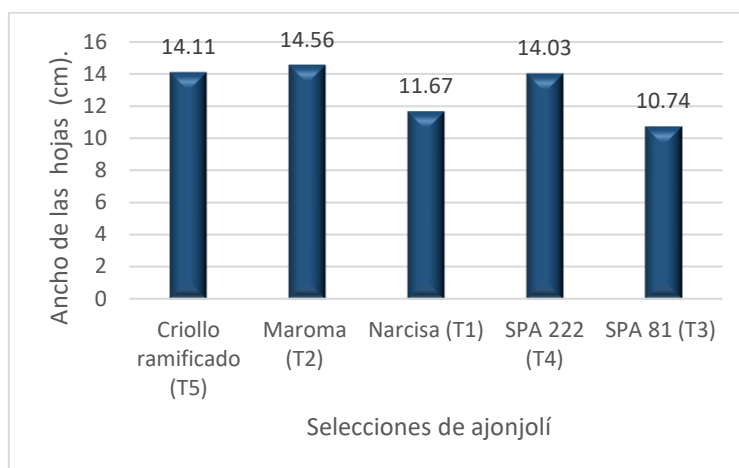


Figura 25. Ancho de las hojas de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad de 0.0001, que las cinco selecciones de ajonjolí si presentaron diferencias estadísticas significativas en el ancho de las hojas a los 60 días después de la siembra.

Cuadro 16. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el ancho de las hojas a los 60 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	p-valor
Criollo ramificado (T5)	Ancho de las hojas (cm).	40	14.11	4.21	29.81	<0.0001*
Maroma (T2)		40	14.56	4.6	31.61	
Narcisa (T1)		39	11.67	3.61	30.96	
SPA 222 (T4)		37	14.03	3.84	27.38	
SPA 81 (T3)		40	10.74	3.27	30.43	

5.2.7. Largo de las hojas

La selección Criollo ramificado (T5) presento el mayor largo de las hojas a los 60 días después de la siembra con un promedio de 21.2 cm, seguido por la selección SPA 222 (T4) con 20.74

cm, Maroma (T2) con 20.31 cm, SPA 81 (T3) con 19.96 cm y el menor se obtuvo con la selección Narcisa (T1) con 19.74 cm (figura 28).

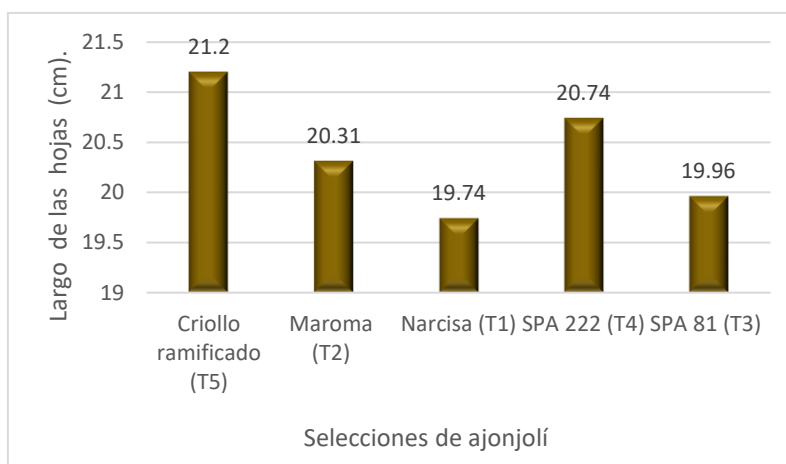


Figura 26. Largo de las hojas de las selecciones de ajonjolí a los 60 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad 0.5463, que las cinco selecciones de ajonjolí no presentaron diferencias estadísticas significativas en el largo de las hojas a los 60 días después de la siembra.

Cuadro 17. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el largo de las hojas a los 60 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	p-valor
Criollo ramificado (T5)	Largo de las hojas (cm).	40	21.2	4.01	18.9	0.5463 ^{ns}
Maroma (T2)		40	20.31	3.35	16.5	
Narcisa (T1)		39	19.74	4.85	24.59	
SPA 222 (T4)		37	20.74	3.85	18.56	
SPA 81 (T3)		40	19.96	4.71	23.59	

5.2.8. Número total de cápsulas por planta

Con la selección Narcisa (T1) se obtuvo el mayor número de cápsulas por planta a los 80 días después de la siembra con un promedio de 158.45, seguido por la selección Criollo ramificado (T5) con 128.35, Maroma (T2) con 104.93, SPA 81 (T3) con 93.83 y el menor número se obtuvo con la selección SPA 222 (T4) con 75.4 cápsulas (figura 29).

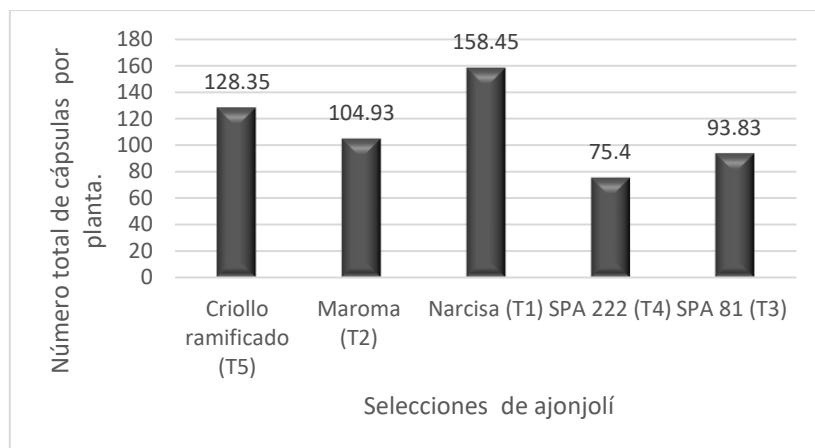


Figura 27. Número total de cápsulas por planta de las selecciones de ajonjolí a los 80 días después de la siembra.

Montoya (2019) en su investigación de crecimiento y rendimiento del ajonjolí, haciendo usos de bioles y fertilización química, obtuvo un promedio de 119.68 cápsulas por planta.

Cuadro 18. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el número total de cápsulas por planta a los 80 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	p-valor
Criollo ramificado (T5)	Número total de cápsulas por planta.	40	128.35	69.28	53.98	<0.0001*
Maroma (T2)		40	104.93	48.67	46.39	
Narcisa (T1)		40	158.45	82.84	52.28	
SPA 222 (T4)		40	75.4	39.01	51.74	
SPA 81 (T3)		40	93.83	43.93	46.82	

5.2.9. Ancho de las cápsulas

La selección SPA 222 (T4) presento el mayor ancho de las cápsulas a los 80 días después de la siembra con un promedio de 7.86 mm, seguido por la selección SPA 81 (T3) con 7.41 mm, Criollo ramificado (T5) y Maroma (T2) con 7.09 mm y el menor se obtuvo con la selección Narcisa (T1) con 7.06 mm (figura 30).

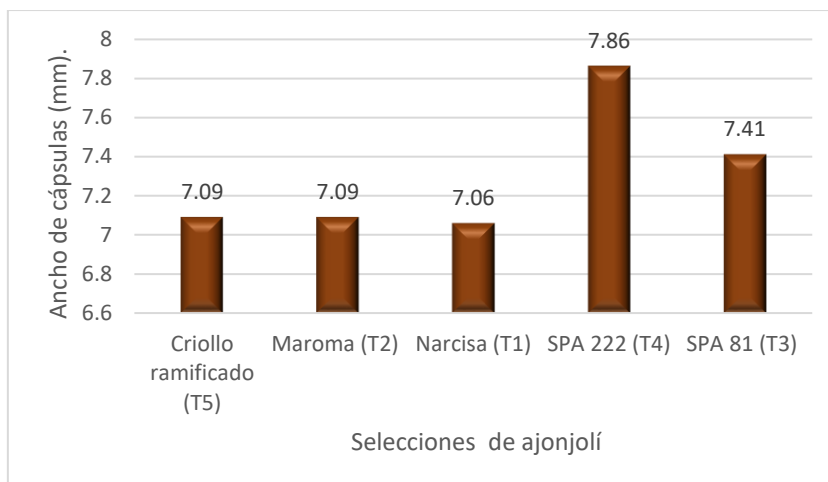


Figura 28. Ancho de cápsulas de las selecciones de ajonjolí a los 80 días después de la siembra.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad 0.0001, que las cinco selecciones de ajonjolí si presentaron diferencias estadísticas significativas en el ancho de las cápsulas a los 80 días después de la siembra.

Cuadro 19. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el ancho de las cápsulas a los 80 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	p-valor
Criollo ramificado (T5)	Ancho de las cápsulas (mm).	40	7.09	0.44	6.2	<0.0001*
Maroma (T2)		40	7.09	0.52	7.3	
Narcisa (T1)		40	7.06	0.47	6.66	
SPA 222 (T4)		40	7.86	0.5	6.34	
SPA 81 (T3)		40	7.41	0.57	7.75	

5.2.10. Largo de las cápsulas

Con la selección SPA 222 (T4) se obtuvo el mayor largo de las cápsulas a los 80 días después de la siembra con un promedio de 25.9 mm, seguido por la selección Criollo ramificado (T5) con 25.01 mm, Maroma (T2) con 24.4 mm, SPA 81 (T3) con 24.28 mm y el menor se obtuvo con la selección Narcisa (T1) con 23.77 mm (figura 31).

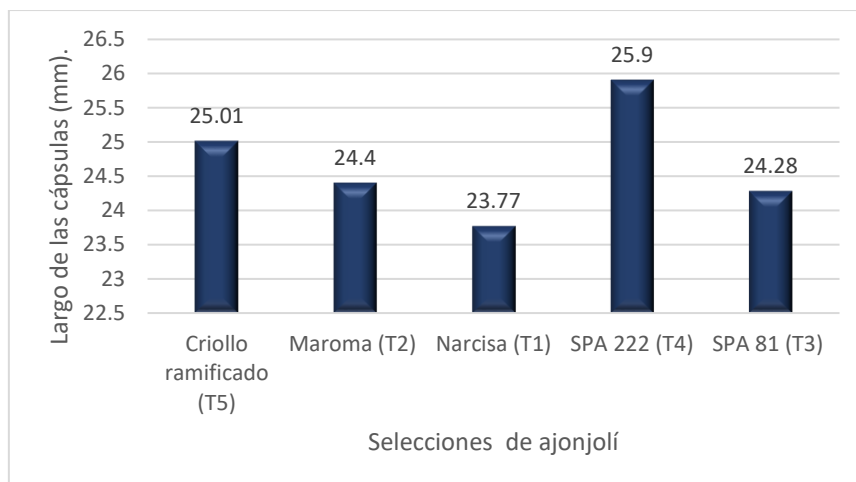


Figura 29. Largo de cápsulas de las selecciones de ajonjolí a los 80 días después de la siembra.

Díaz (2024) en su investigación de crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí, encontró que el promedio del largo de cápsula fue de 31.50 mm.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad 0.0001, que las cinco selecciones de ajonjolí si presentaron diferencias estadísticas significativas en el largo de las cápsulas por planta a los 80 días después de la siembra.

Cuadro 20. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el largo de las cápsulas a los 80 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	p-valor
Criollo ramificado (T5)	Largo de las cápsulas (mm).	40	25.01	1.67	6.69	<0.0001*
Maroma (T2)		40	24.4	2.5	10.26	
Narcisa (T1)		40	23.77	1.39	5.83	
SPA 222 (T4)		40	25.9	1.85	7.16	
SPA 81 (T3)		40	24.28	2.13	8.77	

5.2.11. Número de semillas por cápsula

Con la selección Criollo ramificado (T5) se obtuvo el mayor número de semillas de ajonjolí por cápsula a los 80 días después de la siembra con un promedio de 80.09, seguido por la selección Narcisa (T1) con 74.99, Maroma (T2) con 72.26, SPA 222 (T4) con 71.26 y el menor se obtuvo con la selección SPA 81 (T3) con 70.39 semillas (figura 32).

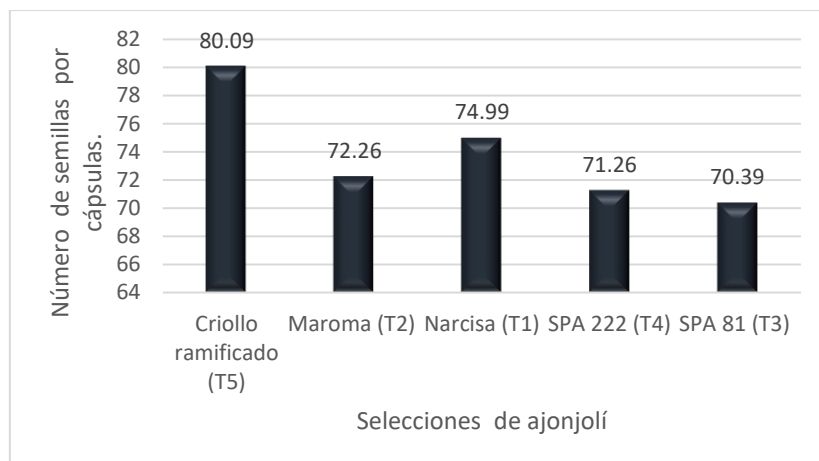


Figura 30. Número de semillas por cápsula de las selecciones de ajonjolí a los 80 días después de la siembra.

Montoya (2019) en su investigación de crecimiento y rendimiento del ajonjolí, haciendo usos de bioles y fertilización química, obtuvo un promedio de 81.55 semillas por cápsula, siendo un dato similar a la selección Criollo ramificado en esta investigación.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) se demostró estadísticamente con probabilidad 0.0001, que las cinco selecciones de ajonjolí si presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de semillas por cápsula a los 80 días después de la siembra.

Cuadro 21. Análisis de varianza del efecto de cinco selecciones de ajonjolí en el número de semillas por cápsula a los 80 días después de la siembra.

Selecciones de ajonjolí	Variable	n	Media	D.E.	CV	p-valor
Criollo ramificado (T5)	Número de semillas por cápsula.	40	80.09	7.44	9.29	<0.0001*
Maroma (T2)		40	72.26	6.43	8.9	
Narcisa (T1)		40	74.99	5.37	7.16	
SPA 222 (T4)		40	71.26	6.5	9.13	
SPA 81 (T3)		40	70.39	6.27	8.91	

5.2.12. Peso de mil semillas

Con la selección SPA 222 (T4) se obtuvo el mayor peso de mil semillas de ajonjolí con un promedio de 4.78 g, seguido por la selección SPA 81 (T3) con 3.34 g, Maroma (T2) con 3.02 g, Narcisa (T1) con 2.91 g y el menor se obtuvo con la selección Criollo ramificado (T5) con 2.35 g (figura 33).

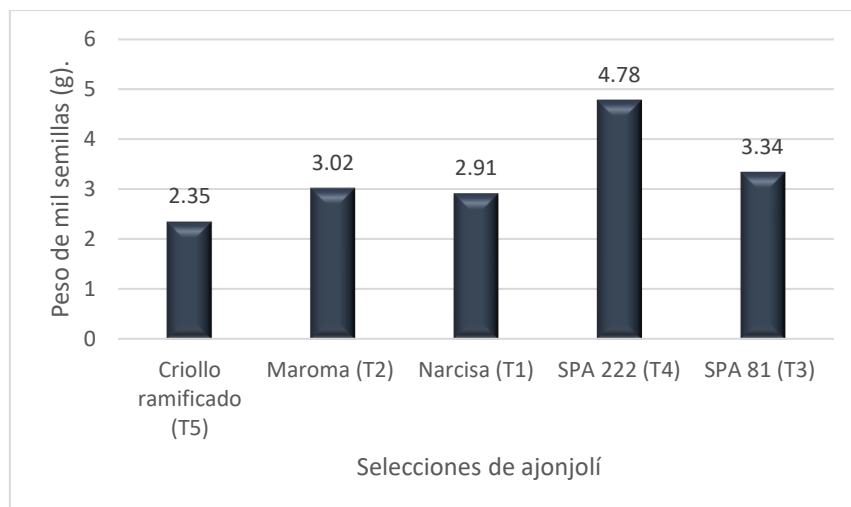


Figura 31. Peso de mil semillas de las selecciones de ajonjolí a los 80 días después de la siembra.

Según Oviedo (2007), el peso de mil semillas es una característica varietal, siendo uno de los caracteres más variables que se modifica en el momento de formación y llenado de granos por las condiciones del ambiente. También menciona que el peso de 1,000 semillas es uno de los componentes de rendimiento que se encuentra en el rango de 2.6 y 4.9 gramos.

5.3. Análisis multivariante de los parámetros cuantitativos en estudio

Al realizar la aplicación del método de análisis por componentes principales, los primeros dos componentes principales explicaron el 79.3% de la varianza total de las cinco selecciones en estudio, siendo altamente confiable y representativo trabajar con dos componentes.

El componente 1 representa el 55.2% de la variación total y las variables que mejor contribuyen a su variación es el diámetro basal, diámetro intermedio, diámetro apical, altura de las plantas, altura de la primera cápsula, número total de cápsulas por planta, largo de las cápsulas y ancho de las cápsulas.

El componente 2 representa el 24.1% de la variación total y las variables que aportan a su variación son largo de las hojas, ancho de las hojas y número de semillas. De las cinco selecciones, la SPA 222 (T4) es la que mejor expreso el comportamiento del diámetro basal, intermedio y apical, la altura de las plantas, largo y ancho de las cápsulas; la selección Maroma (T2) con las variables altura de la primera cápsula y, el largo y ancho de las hojas; la selección Criollo ramificado (T5) presento el mejor comportamiento con el número de semillas por cápsula (figura 34).

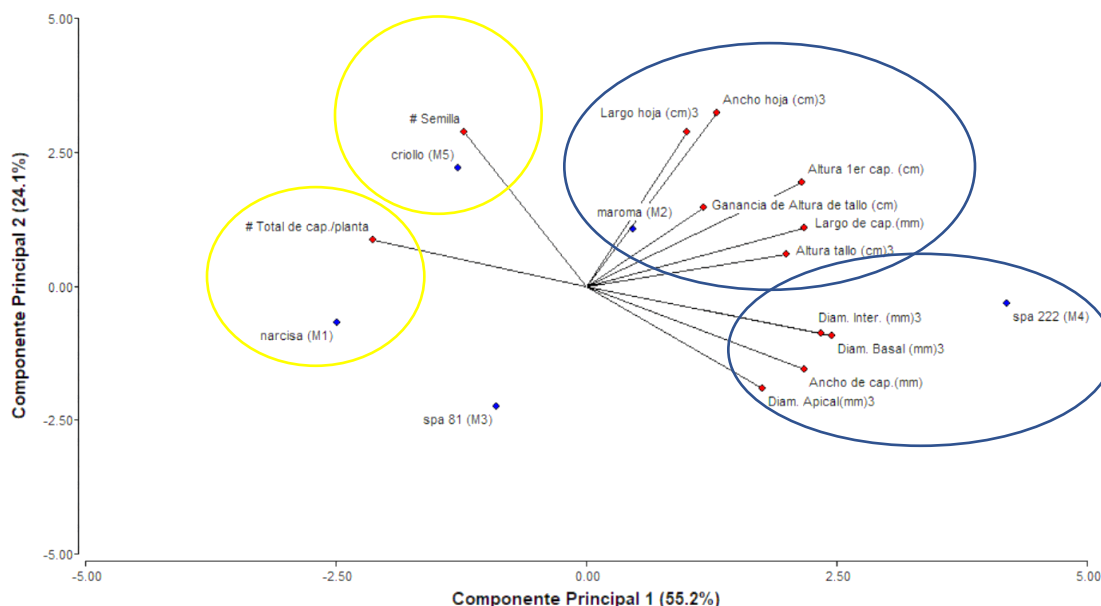


Figura 32. Comportamiento de los caracteres y selecciones en estudio.

5.4. Análisis bromatológico proximal

Se realizó un análisis bromatológico para las cinco selecciones de ajonjolí en estudio y se compararon con la tabla de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP- (cuadro 22).

5.4.1. Contenido de humedad

El mayor contenido de humedad se obtuvo con la selección Maroma (T2) con 4.97%, seguido por la selección Narcisa (T1) con 4.86%, SPA 81 (T3) y SPA 222 (T4) con 4.80% y el menor se obtuvo con Criollo ramificado (T5) con 4.65%.

El INCAP (2012) reporta que la semilla de ajonjolí tiene un contenido de humedad de 4.69%.

5.4.2. Contenido de extracto etéreo

El mayor contenido de extracto etéreo se obtuvo con la selección Criollo ramificado (T5) con 47.31%, seguido por la selección SPA 222 (T4) con 46.96%, SPA 81 (T3) con 43.31%, Narcisa (T1) con 35.34% y el menor se obtuvo con Maroma (T2) con 33.56%.

El INCAP (2012) reporta que la semilla de ajonjolí tiene un contenido de extracto etéreo de 49.67%; lo cual demuestra que los materiales evaluados tienen un contenido de extracto etéreo inferior al que reporta el INCAP.

5.4.3. Contenido de proteína cruda

El mayor contenido de proteína cruda se obtuvo con la selección Narcisa (T1) con 17.39%, seguido por la selección Criollo ramificado (T5) con 17.35%, SPA 222 (T4) con 17.33%, Maroma (T2) con 17.14% y el menor se obtuvo con SPA 81 (T3) con 13.88%.

El INCAP (2012) reporta que la semilla de ajonjolí tiene un contenido de proteína cruda de 17.63%; lo cual demuestra que los materiales evaluados tienen un contenido de proteína cruda inferior al que reporta el INCAP.

5.4.4. Contenido de fibra cruda

El mayor contenido de fibra cruda se obtuvo con la selección Maroma (T2) con 30.09%, seguido por la selección Narcisa (T1) con 26.66%, SPA 222 (T4) con 22.59%, Criollo ramificado (T5) con 19.15% y el menor se obtuvo con SPA 81 (T3) con 18.41%.

El INCAP (2012) reporta que la semilla de ajonjolí tiene un contenido de fibra cruda de 11.80%; lo cual demuestra que los materiales evaluados tienen un contenido de fibra cruda superior al que reporta el INCAP.

5.4.5. Contenido de cenizas

El mayor contenido de cenizas se obtuvo con la selección SPA 81 (T3) con 6.12%, seguido por la selección Criollo ramificado (T5) con 5.47%; SPA 222 (T4) y Maroma (T2) con 5.43% y el menor se obtuvo con Narcisa (T1) con 4.37%.

El INCAP (2012) reporta que la semilla de ajonjolí tiene un contenido de cenizas de 4.45%; lo cual demuestra que los materiales evaluados tienen un contenido de cenizas superior al que reporta el INCAP, a excepción de la selección Narcisa (T1).

5.4.6. Contenido de carbohidratos

El mayor contenido de carbohidratos se obtuvo con la selección SPA 81 (T3) con 18.28%, seguido por la selección Narcisa (T1) con 16.24%, Maroma (T2) con 13.78%, Criollo ramificado (T5) con 10.37% y el menor se obtuvo con SPA 222 (T4) con 7.69%.

El INCAP (2012) reporta que la semilla de ajonjolí tiene un contenido de carbohidratos de 23.45%; lo cual demuestra que los materiales evaluados tienen un contenido de carbohidratos inferior al que reporta el INCAP.

Cuadro 22. Análisis bromatológico de las cinco selecciones de ajonjolí en estudio.

Análisis	Selección	Resultado (%)	Valor INCAP (%)
Humedad	Narcisa	4.86	4.69
	Maroma	4.97	
	SPA 81	4.80	
	SPA 222	4.80	
	Criollo ramificado	4.65	
Extracto etéreo	Narcisa	35.34	49.67
	Maroma	33.56	
	SPA 81	43.31	
	SPA 222	46.96	
	Criollo ramificado	47.31	
Proteína cruda	Narcisa	17.39	17.63
	Maroma	17.14	
	SPA 81	13.88	
	SPA222	17.33	
	Criollo ramificado	17.35	
Fibra cruda	Narcisa	26.66	11.8
	Maroma	30.09	
	SPA 81	18.41	
	SPA 222	22.59	
	<u>Criollo ramificado</u>	19.15	
Cenizas	Narcisa	4.37	4.45
	Maroma	5.43	
	SPA 81	6.12	
	SPA 222	5.43	
	<u>Criollo ramificado</u>	5.47	
Carbohidratos	Narcisa	16.24	23.45
	Maroma	13.78	
	SPA 81	18.28	
	SPA 222	7.69	
	Criollo ramificado	10.37	

6. Conclusiones

En los caracteres cualitativos las cinco selecciones de ajonjolí evaluadas: SPA 222, SPA 81, Maroma, Narcisa y Criollo ramificado, fueron similares en cuanto al color, forma y pubescencia del tallo; en las hojas obtuvieron el mismo color, variando en la forma del borde; y en las flores presentaron el mismo código de color según la tabla de Munsell.

La selección Maroma presentó la mayor altura de la planta con 190.53 cm, esta variable no varió de manera significativa entre las selecciones, y en esta investigación no influyó en el rendimiento de la cosecha.

Con la selección Criollo ramificado se obtuvo el mayor número de semillas de ajonjolí por cápsula con un promedio de 80.09 semillas, la cual influye en el rendimiento de la cosecha.

El peso de mil semillas es una característica varietal y la selección SPA 222 presentó el mayor promedio con 4.78 g, que junto con el mayor número de semillas por cápsula determinan el rendimiento del cultivo.

Con la selección SPA 81 se obtuvo el mayor contenido de cenizas con 6.12% y de carbohidratos con 18.28%, los cuales son datos similares a los reportados por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP- (INCAP 2012).

El mayor contenido de extracto etéreo se obtuvo con la selección Criollo ramificado con 47.31%, y el mayor contenido de proteína cruda fue obtenido con la selección Narcisa con 17.39%, lo que demuestra que el ajonjolí es un alimento nutritivo según el INCAP.

El mayor número de semillas por cápsula se obtuvo con la selección Criollo ramificado (T5) con un promedio de 80.09 semillas, Narcisa (T1) 74.99 semillas y Maroma (T2) 72.26 semillas.

El mayor peso de mil semillas de ajonjolí se obtuvo con la selección SPA 222 (T4) con 4.78 gramos.

La Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, cuenta con las condiciones ambientales óptimas para la siembra del cultivo de ajonjolí, favoreciendo la textura del suelo que es Franco-Arenosa.

El mayor contenido de extracto etéreo se obtuvo con la selección Criollo ramificado con 47.31%, el cual es un resultado cercano al propuesto por el INCAP que es 49.67%.

El mayor contenido de proteína cruda fue obtenido con la selección Narcisa (T1) con 17.39%, que es muy similar al presentado por el INCAP que es de 17.63%.

En la determinación de fibra cruda la selección Maroma (T2) obtuvo 30.11%, el cual es un resultado superior al que reporta el INCAP que es 11.80%.

De las cinco selecciones de ajonjolí en estudio el mayor contenido de cenizas se obtuvo con la selección SPA 81 (T3) con 6.12%, el cual es un dato superior al que reporta el INCAP que es de 4.45%.

El mayor contenido de carbohidratos de las cinco selecciones en estudio lo presentó la SPA 81 (T3) con 18.28%, el cual es un resultado inferior al que reporta el INCAP que es 23.45%.

Al implementar el uso estadístico de componentes principales en esta investigación se pudo comprobar que los datos y diferencias entre selecciones de ajonjolí son confiables presentando un coeficiente de correlación cofenética de 0.960.

7. Recomendaciones

Realizar un muestreo y análisis de suelo antes de la siembra del cultivo para elaborar el programa de fertilización al suelo a seguir.

Realizar un raleo al cultivo de ajonjolí a los 15 días después de la siembra, dejando las plántulas con mejor vigor a una distancia de 0.15 cm entre plantas.

Hacer control de malezas de 3 a 4 veces durante los primeros 45 a 50 días después de la siembra para evitar competencia, y así tener mejor desarrollo de las plantas sin afectar la floración y fructificación.

Para hacer una cosecha oportuna del cultivo de ajonjolí hay que tomar en cuenta la madurez fisiológica a través de indicadores como el amarillamiento de las hojas y el color de las semillas que es marrón o blancas.

Para hacer la caracterización del cultivo usar Descriptores que tengan amplios caracteres cualitativos y cuantitativos para tener una información variada en las investigaciones.

Evaluar a futuro la selección de ajonjolí “Criollo ramificado” por los resultados obtenidos en esta investigación en cuanto a la altura de las plantas, número de cápsulas por planta, número de semillas por cápsula, y por los resultados en el análisis bromatológico sobre la humedad en el grano, contenido de extracto etéreo, proteína cruda, fibra cruda, cenizas y carbohidratos.

La selección SPA 222 es una opción viable de siembra por su adaptabilidad y productividad para los agricultores de la zona costera de El Salvador.

8. Bibliografía

- AOAC (Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural, United States). 1990. 13° ed. published by the association of Official Analytical, Chemists, Washington, D.C. p. 5-12.
- AREPB (Asociación de Revista Electrónica A Barriguda). 2018. Cultivo de Ajonjolí para los campesinos en los departamentos de Choluteca y Valle. Consultado 25 ene 2025. Disponible en https://issuu.com/abarriguda/docs/livro_20honduras
- Boletín agrario. s. f. Que es desarrollo rural. Consultado 28 ene 2025. Disponible en <https://boletinagrario.com/ap-6,desarrollo+rural,283.html>
- CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones de café, Colombia). 2018. Manual para interpretación de resultados de análisis químicos y cálculos de enmiendas para suelos. 7 p.
- Centeno, M. 2009. Evaluación del manejo del cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum*) con tres tipos de fertilizantes bokashi, lombriabono y compost en el campus agropecuario de la UNAN-LEON en el periodo de septiembre a diciembre. Consultado 10 feb 2025. Disponible en <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/884/1/217842.pdf>
- Chile, R. 2022. Evaluación de cinco dosis de un fertilizante químico y una dosis de fertilizante orgánico en el desarrollo y rendimiento del cultivo de ajonjolí. Consultado 27 jun 2025. Disponible en [extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/fdd0838f-b19b-44a5-b43f-f8fd95dec4d1/content](https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/fdd0838f-b19b-44a5-b43f-f8fd95dec4d1/content)
- Díaz, L. 2024. Crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí en respuesta a dosis de bioestimulante, fertilización orgánica y fertilización sintética. Consultado 27 jun 2025. Disponible en [extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04b197.pdf](https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04b197.pdf)

Durán, J. s.f. Semillas y cultivos. Consultado 27 jun 2025. Disponible en chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_2005_877_612_615.pdf

Ecopetrol. 2013. Guía para el manejo integrado del cultivo de Ajonjolí. Consultado 12 feb 2025. Disponible en [http://www.corporacionpba.org/portal/sites/default/files/Cartila%20Ajonjoli%20-%20diagramada%20\(2\)-min.pdf](http://www.corporacionpba.org/portal/sites/default/files/Cartila%20Ajonjoli%20-%20diagramada%20(2)-min.pdf)

Gómez, S. 2011. Las hojas y sus formas. Consultado 24 feb 2025. Disponible en <https://sandra65.blogspot.com/2011/01/las-hojas-y-sus-formas.html>

Gutiérrez, M. 2004. Elaboración de una mantequilla alimenticia a partir de la semilla descortezada de ajonjolí. Consultado 18 feb 2025. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5625/1/10128826.pdf>

Hernández, A. 2013. Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Consultado 20 feb 2025. Disponible en [http://192.100.162.123:8080/bitstream/123456789/1726/1/caracterizacion%220fitogeneticos.pdf0morfologica%20de%20recursos%](http://192.100.162.123:8080/bitstream/123456789/1726/1/caracterizacion%220fitogeneticos.pdf0morfologica%20de%20recursos%20)

ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala). 1982. El cultivo de ajonjolí. Consultado 03 mar 2025. Disponible en <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/ajonjoli.pdf>

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Guatemala). s.f. Método y Técnica para el mejoramiento genético de plantas cultivadas. Consultado 06 mar 2025. Disponible en http://apps.iica.int/pccmca/docs/Minicursos/2.%20Juan%20Carlos%20Rosas/J_C_Rosas-mejoramiento%20gen%C3%A9tico%20de%20plantas%20cultivadas.pdf

- INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). Tabla de composición de alimentos de Centro América. Consultado 15 abr 2025. Disponible en <https://www.sennutricion.org/media/tablas/INCAP.pdf>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México). 2019. Descriptor para ajonjolí. México. 4 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Honduras). 1991. Ajonjolí. Consultado 22 mar 2025. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_ajonjoli.pdf
- Martin, J. 2000. Desarrollo rural para un nuevo desarrollo rural. Consultado 27 mar 2025. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/38823158.pdf>
- Molina, E; Castillo, G. 2014. Caracterización Morfológica *in situ* de Ojusthe (*Brosimum alicatrum* Swartz) y su incidencia en la selección de germoplasma de alto potencial nutricional en El Salvador. Tesis. UES. El Salvador. 10 p.
- Montoya Bazán, JL. 2019. Crecimiento y rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) bajo la acción de dos viales. Consultado 16 abr 2025. Disponible en <https://es.scribd.com/document/675324316/DialnetCrecimientoYRendimientoDelAjonjoliSesamumIndicumLB-7407785>
- Navarrete, FM. 2006. Ensayo: El aprovechamiento de la Agroindustria con el tratado de libre comercio con los Estados Unidos de América. Boletín Económico BCR. SV. Consultado 23 mar 2025. Disponible en <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/uploaded/content/category/1404929269.pdf>.
- Nuila, J; Mejía, M. 1990. Manual de diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. El Salvador. 257 p.
- Oviedo, R. 2007. Caracterización agronómica de cuatro variedades de sésamo. Consultado 20 mar 2025. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/60f1/b703405f4afd80b0b8dde45a569f6da87876.pdf>

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, El Salvador). 2016. 17 alianzas para lograr objetivos. Consultado 26 mar 2025. Disponible en http://www.sv.undp.org/content/el_salvador/es/home/sustainabledevelopmentgoals/gml

Ruano, A. 2003. Evaluación del rendimiento de 21 líneas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en Nueva Concepción, Escuintla. Consultado 19 mar 2025. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2037.pdf

SADER (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, México). 2017. Ajonjolí. Consultado 15 mar 2025. Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/ajonjoli-una-porciondeusosybeneficios#:~:text=En%20su%20estado%20natural%2C%20el,comestibles%2C%20margarinas%20y%20hasta%20cosm%C3%A9ticos>.

Sánchez, A. 1997. Manuales para educación agropecuaria, Cultivos oleaginosos. México. 72 p.

Tejada, M. 2018. Estudio sobre grano de ajonjolí y su procesamiento en la actualidad. Consultado 26 ene 2025. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/24282/matejadar.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Vásquez, J. 2001. El cultivo de ajonjolí. Consultado 28 mar 2025. Disponible en https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2550/1/210904_0325%20ajonjoli.pdf

9. Anexos

A-1. Descriptor utilizado en la investigación.

Descriptor a utilizar en el cultivo de ajonjolí, considerando las características morfo-agronómicas de mayor interés.



Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Desarrollo Rural



1. Datos de pasaporte:

Nombre del Recolector: _____

Lugar de procedencia de la semilla: _____

Lugar de establecimiento: _____

Material a establecer: _____

Generación: _____

Fecha de siembra: _____

Área total de parcela: _____

Fecha de emergencia: _____

2. Caracteres generales.

Nombre del material: _____

Tipo de crecimiento: determinada _____, intermedio _____, indeterminado _____

Ciclo vegetativo: _____

Días a floración: _____

Etapas de floración a cosecha: _____

Sensibilidad al fotoperiodo (evaluar en diferentes periodos): _____

3. Características relacionadas al tallo.

3.1. Cualitativas.

Color: _____ (Desarrollo, fructificación, cosecha)

Forma: _____

Pubescencia: ninguna _____, escaso _____, medio _____, muy pubescente _____

Color de pubescencia: _____



3.1. Cuantitativas:

Diámetro del tallo:

Basal: esta medida se tomará a partir de la base del suelo, considerando diez centímetros de altura.

Intermedia: se medirá la planta y esta medida se dividirá entre dos.

Apical: Esta medida se tomará desde la parte apical, 10 cm hacia abajo.

Número de plantas	Basal (cm)	Intermedia (cm)	Apical (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
Promedio			

Tamaño del tallo:

Número de plantas	Tamaño (cm)
1	
2	
3	
4	
5	
Promedio	

4. Caracteres relacionados a la hoja.

4.1. Cualitativas.

Posición y ángulo de inserción en el tallo:

Número de plantas	Opuesta	Alterna	Decusada
1			
2			
3			
4			
5			



Forma de la hoja: _____

Forma del borde: _____

Color de hoja: _____



3.1. Cuantitativas.

Longitud de la hoja:

Numero de hoja	Planta 1 (cm)	Planta 2 (cm)	Planta 3 (cm)	Planta 4 (cm)	Planta 5 (cm)
1					
2					
3					
4					
5					
Promedio					

Ancho de la hoja:

Numero de hoja	Planta 1 (cm)	Planta 2 (cm)	Planta 3 (cm)	Planta 4 (cm)	Planta 5 (cm)
1					
2					
3					
4					
5					
Promedio					

4. Caracteres relacionados a la flor.

4.1. Cualitativas.

Forma de la flor: _____

Color del cáliz: _____

Color interno de la corola: _____

Color externo de la corola: _____



3.1. Cuantitativas.

Numero de flores por axilas:

Numero de planta	Numero de flores
1	
2	
3	
4	
5	
Promedio	

4. Caracteres relacionados a la capsula.

4.1. Cualitativas.

Forma externa de la capsula: _____

Forma interna de la capsula (hacer corte transversal): _____

Disposición de los granos al interior de los locus: _____

Coloración de la capsula en desarrollo: _____

Coloración de la capsula seca: _____

4.2. Cuantitativas.

Altura de la base del suelo a la primera capsula:

Numero de planta	Altura del suelo hasta primera capsula (cm)
1	
2	
3	
4	
5	
Promedio	



Número de capsulas por axila:

Numero de axila	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5
1					
2					
3					
4					
5					
Promedio					

Cantidad total de capsulas por planta:

Numero de planta	Número total de capsulas
1	
2	
3	
4	
5	
Promedio	



Longitud de la capsula:

Numero de axila	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
Promedio					

Numero de lóculos por capsula:

Numero de planta	Número lóculos C1	Número lóculos C2	Número lóculos C3	Número lóculos C4	Número lóculos C5
1					
2					
3					
4					
5					
Promedio					



Número de granos por locus:

Planta	C1			C2			C3			C4			C5		
1															
2															
3															
4															
5															

Cantidad total de granos por capsula:

Numero de planta	C1	C2	C3	C4	C5
1					
2					
3					
4					
5					
Promedio					

3. Caracteres de producción.

Peso de 1,000 semillas: _____

Rendimiento por planta: _____



4. Caracteres nutricionales.

Análisis bromatológico proximal:

A-2. Descriptor Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Nº de accesión:

Nombre:

Origen:

Fecha:

I-DATOS MORFOLÓGICOS.

1. Características de la plántula. Los descriptores de la plántula deben ser registrados una semana después de la germinación.

1.1 Porcentaje de germinación (%).

--	--	--	--	--

1.2 Color de los cotiledones.

1. Verde				
2. Verde con margen blanco				

1.3 Forma de los cotiledones.

1. Achatado (plano)				
2. Curvado				
3. Otros				

1.4 Longitud de los cotiledones (mm).

--	--	--	--	--

1.5 Longitud de hipocótilo (mm).

--	--	--	--	--

2. Tallo.

2.1 Tipos de crecimiento

1. Indeterminado				
2. Determinado				

2.2 Patrón de ramificación.

0. No ramificado				
1. Ramificación basal				
2. Ramificación superior				
3. Otros				

Caracterización de Variedades de Sésamo

2.3 Color del tallo principal

1. Amarillo				
2. Verde				
3. Púrpura				
4. Otros				

2.4 Pubescencia de los tallos

0. Ausencia (glabro)				
3. Escaso-ralo				
7. Pubescencia				
9. Muy pubescente				

2.5 Forma de la pubescencia

1. Corta y delgada				
2. Mediana y delgada				
3. Larga y gruesa				

2.6 Formas del tallo (Sección transversal)

1. Redondo				
2. Cuadrado				

2.7 Ramificación del tallo

1. Opuesta				
2. Alterna				
3. Ternada				
4. Mezclada				

3. Hojas.

Registrado en floración plena

3.1 Color de la hoja (al momento de la floración)

1. Verde				
2. Verde tirando a amarillo				
3. Verde tirando al azul grisáceo				
4. Verde tirando a púrpura				

5. Otros

--	--	--	--	--

3.2 Pubescencia (Registrado en el envés de las hojas inferiores)

0. Ausencia (glabra)				
3. Escasa o rala				
7. Pubescente intermedio				
8. Muy pubescente				

3.3 Forma de la pubescencia

1. Corta y fina				
2. Media y fina				
3. Larga y gruesa				

3.4 Posición de las hojas

1. Opuesta				
2. Altemas				
3. Temadas				
4. variadas (mezcla)				

3.5 Formas de las hojas. (Parte media superior de las hojas)

1. Lineal				
2. Lanceolada				
3. Eliptica				
4. Ovalada				
5. Acorazonada estrecha				

3.6 Perfil de la hoja basal (medir en una sección transversal de la lámina de la hoja)

1. Achatada				
2. Cóncava				
3. Convexa				

3.7 Margen de las hojas basales

1. Enteras				
------------	--	--	--	--

2. Aserradas					
3. Dentadas					

1.1 Incisión del lóbulo de la hoja basal (de la mitad inferior del tallo principal al inicio de la floración debe registrarse el más común)

0. Ausente					
3. Débil o ligero					
5. Medio					
7. Con tres o más lóbulos marcados					

1.2 Longitud y ancho de la hoja basal media y superior (cm)

Longitud					
Ancho					

1.3 Glándulas de las hojas (en el envés de la hoja)

0. Ausente					
1. Presente					

3. Agudo < 90°					
5. Horizontal = 90°					
7. Pendiente > 90°					

1.4 Angulo de inserción de la hoja en el tallo principal

1.5 Color del pecíolo (observarse en hojas formadas y maduras)

1. Verde					
2. Morado verdoso					
3. Morado					
4. Rosa					
5 Otros					

1.6 Pubescencia en el pecíolo

0. Glabro/sin pubescencia					
3. Escasa					
5. Media					
7. Muy pubescente					

3. 14 Forma de la pubescencia

1. Corta y delgada					
3. Media y delgada					
5. Larga y gruesa					

4. Flores

4.1 Número de flores por axila

1. Una					
2. Más de una					

4.2 Desarrollo de nectarios extra-florales

1. Rudimentarios					
2. Pequeños					
3. Medianos					
4. Grandes					

4.3 Color de los nectarios extra-florales

1. Verde					
3. Púrpura					
5. Otros					
1. Amarillo claro					
2. Amarillo					
3. Morado					

4.4 Número de nudos hasta la primera flor (observada en el tallo principal)

--	--	--	--	--	--

4.5 Color del cáliz

4.6 Pubescencia del cáliz

1. Glabro					
-----------	--	--	--	--	--

3. Escaso					
5. Medio					
7. Muy pubescente					

4.7 Forma de la pubescencia del cáliz

1. Corto y fino					
2. Medio y fino					
3. Largo y grueso					

4.8 Pubescencia de la corola

0. Glabro o sin pubescencia					
3. Escaso					
5. Medio					
7. Muy pubescente					

4.9 Forma de la pubescencia de la corola

1. Corto y fino					
2. Medio y fino					
3. Largo y grueso					

4.10 Color exterior de la corola

1. Blanco					
2. Blanco con sombras rosadas					
3. Blanco con sombras rosa oscuro					
4. Rosadas					
5. Violeta claro					
6. Violeta oscuro					
7. Púrpura o morado					
8. Rojo					
9. Marrón					
10. Otros					

4.11 Color inferior de la corola

1. Blanco					
2. Blanco con sombras rosadas					

3. Blanco con sombras rosa oscuro					
4. Rosadas					
5. Violeta claro					
6. Violeta oscuro					
7. Púrpura o morado					
8. Rojo					
9. Marrón					
10. Otros					

4.12 Color del labio inferior

0. Ausente					
1. Coloreado					

4.13 Fovéola

0. Ausente					
1. Presente					

4.14 Color del filamento de la antera

1. Blanco					
2. Blanco con puntos violetas					
3. Otros					

3. Frutos

Los descriptores se registran sobre la fruta de la parte media del tallo principal.

3.1 Longitud de la cápsula: Media de la longitud (mm) de tres cápsulas tomadas de la parte media de 5 plantas

--	--	--	--	--	--

3.2 Formas de la cápsula

1. Puntigudo cónico					
2. Oblonga angosta					
3. Oblonga ancha					
4. Cuadrada					

3.3 Número de lóculos o celdas por cápsula (observada en cápsulas de la parte media del tallo principal)

1. Cuatro					
2. Seis					
3. ocho					
4. Mezclado					

3.4 Números de carpelos por cápsula

1. Dos					
2. Más de dos					

3.5 Forma de la cápsula bicarpelada

1. Afinado en el ápice					
2. Oblonga estrecha					
3. Oblonga ancha					
4. Cuadrado					

3.6 Número de cápsulas por axila (Observada en el nudo del tallo principal)

1. Una cápsula					
2. Más de una cápsula					

3.7 Densidad de la pubescencia por cápsula

0. Glabro					
3. Escaso					
5. Medio					
7. Muy pubescente					

3.8 Longitud de la pubescencia por cápsula

1. Corta y fina					
2. Media y fina					

3.9 Presencia de antocianina en cápsula (medir en el estado inmaduro de la cápsula).

0. Ausencia					
1. Presencia					

3.10 Color de las cápsulas secas (secadas al sol)

1. Verde					
2. Paja/amarillo					
3. Marrón/tostado					
5. Púrpura					

3.11 Dehiscencia a la cosecha en campo

0. Indehiscente					
2. Parcialmente dehiscente					
3. Completamente dehiscente					

3.12 Grosor de la cápsula

1. Fina					
2. Guesa					

5.13 Tipo de ápice (pico) de la cápsula

1. Corta					
2. Larga					
3. Curvada					
4. Abierto en forma de V					

4. Características de las semillas.

4.1 Color de las semillas.

1. Blanco					
2. Marrón claro					
3. Marrón					
4. Marrón rojizo (dorado)					
5. Gris					
6. Negro					
7. Otros					

4.2 Textura de la cubierta de la semilla.

1. Lisa					
2. Parcialmente rugosa					

3. Radialmente rugosa					
4. Parcial radialmente rugosa					
5. Reticulada rugosa					
6. Parcialmente reticulada rugosa					
7. Otros					

3.1 Color de la cubierta de la semilla. En accesiones que tienen más de un color. Cada color debe ser nombrado separadamente de acuerdo a la intensidad en orden descendente.

1. Blanco					
2. Crema					
3. Beige					
4. Marrón claro					
5. Marrón					
6. Marrón oscuro					
7. Rojo ladrillo (terracota)					
8. Tostado					
9. Oliva					
10. Gris					
11. Negro opaco					
12. Negro brillante					
13. Otros					

3.2 Forma de la semilla.

1. Ovalada con los bordes convexos					
2. Ovalada con los bordes cóncavos					
3. Alargada					
4. Alado					
5. Otros					

3.3 Porcentaje de la cubierta (cutícula). Es el peso de las semillas como porcentaje del peso de las semillas en base a su peso seco.

--	--	--	--	--

3.4 Peso de 1.000 semillas. Peso en gramos de mil tomadas al azar del total de las semillas cosechadas.

--	--	--	--	--

3.5 Latencia en la semilla, número de días requeridos para la germinación después de la cosecha de la semilla.

--	--	--	--	--

4. Sistema radicular.

1. Fibrosa superficial finas					
2. Pivotante y profunda					
3. Pivotante grueso tuberosa					

II - Evaluaciones Agronómicas

1. Días a emergencia. Número de días desde la siembra o primer riego hasta el 50% de plantas emergidas.

--	--	--	--	--

2. Días a 50% de floración. Número de días desde la siembra o primera irrigación al 50% de plantas en una hilera iniciando floración.

--	--	--	--	--

3. Días a madurez fisiológica. Número de días desde la siembra o primera irrigación para que el 75% de las plantas alcancen madurez fisiológica.

--	--	--	--	--

4. Altura total de la planta
Media de 5 plantas tomadas al azar en el medio de la parcela (cm). Tomándose desde la base hasta la punta del tallo principal

--	--	--	--	--

4.1 Altura desde la primera cápsula en el tallo principal (Tramo de carga).

--	--	--	--	--

5. Número de flores por axila

1. Una					
2. Más de una					

6. Número de cápsulas por planta (Media del número de 5 plantas tomadas al azar)

--	--	--	--	--

7. Número de cápsulas por axila

1. Una					
2. Más de una					

8. Susceptibilidad al acame. Se debe medir en plantas con madurez fisiológica de semillas se miden en porcentaje

0. Todas las plantas de pie					
3. bajo					
5. Medio					
7. Alto/tirado					

9. Rendimiento en semilla por planta. Media del rendimiento de semilla de cinco plantas tomadas al azar.

--	--	--	--	--

10. Fotosensitividad.

1. Sensible					
2. No sensible					

11. Estrés biótico: insectos, hongos, bacterias, nematodos, virus y micoplasmas.

11.1 Escala de susceptibilidad.

1. Muy bajo o no sensible					
3. Baja					
5. Intermedia					
7. Alta					

9. Muy baja

--	--	--	--	--	--

1.1 El estado de crecimiento de la planta en el cual se registra el dato de reacción.

1. Semilla						
2. Plántula						
3. Prefloración						
4. Floración temprana						
5. Floración plena						
6. Floración tardía						
7. Madurez						

2. Reacción a baja temperatura, alta temperatura, reacción a la sequía, suelos encharcados, suelos salinos y suelos ácidos (pH 4,5), vientos constantes.

2.1 Estrés abióticos.

1. Semilla						
2. Plántula						
3. Prefloración						
4. Floración temprana						
5. Floración plena						
6. Floración tardía						
7. Madurez						

En ambos campos se debe especificar si se tomaron en condiciones naturales y/ artificiales.

3. Características de calidad de las semillas.

3.1 Proteína cruda en porcentaje.

3.2 Composición de aminoácidos (aminoácidos esenciales).

3.3 Contenido de aceite en porcentaje.

3.4 Composición del aceite (proporción de ácidos grasos, oleico/linoleico).

3.5 Estabilidad de aceites en porcentaje. Presencia de antioxidantes (sesamina, sesamolina, ligninas).

3.6 Contenido de micronutrientes: Manganeso, Zinc y Cobre.

3.7 Análisis de factores antinutricionales: inhibidores de tripsina, tanino, saponinas, lecitina, etc.

A-3. Interpretación de resultados para análisis de suelo.

TABLA DE INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO						
NIVELES	Partes por millón (ppm)		Milequivalentes / 100 gramos (meq/100 g)			Porcentaje (%)
	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Aluminio (Al)	Materia orgánica (M.O)
Deficiente	< 20	< 200	< 5	< 0.82	< 0.5	< 3
Adecuado	20 a 45	200 a 282	5 a 11.25	0.82 a 1.85	0.5 a 1.0	3.1 a 5.9
Excesivo	> 45	> 282	> 11.25	> 1.85	> 1.0	> 6

PARTES POR MILLON (PPM)						
NIVELES	Hierro (Fe)	Cobre (Cu)	ZINC (Zn)	Manganeso (Mn)	Boro (B)	Azufre (S)
Deficiente	< 22	< 3	< 6	< 10	< 0.50	< 20
Adecuado	22 a 95	3 a 24	6 a 43	10 a 122	0.5 a 2.37	20 a 95
Excesivo	> 95	> 24	> 43	> 122	> 2.37	> 95

pH (CaCl₂)

< 4.0 Extremadamente Ácido (EA)
 4.1 a 4.9 Fuertemente Ácido (FA)
 5.0 a 5.9 Medianamente Ácido (MA)
 6.0 a 6.9 Ligeramente Ácido (LA)
 > 7.0 Neutro (N)
 7.1 a 8.0 Ligeramente Alcalino (LAL)
 8.1 a 9.0 Medianamente Alcalino (MAL)
 9.1 a 10.0 Fuertemente Alcalino (FAL)
 10.1 Extremadamente Alcalino (EAL)

Detalle: mg Kg⁻¹ = ppm cmolkg⁻¹ = meq/100 g suelo (mS cm⁻¹) = mmhos/cm

A-4. Análisis de suelo.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
 DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión: Ciudad Universitaria, 29 de julio de 2019.
 Tipo de Muestra: SUELO (MXI020)
 Análisis solicitado: pH, Materia Orgánica, Ca, Mg, Al, N, P, K
 Usuario: PROYECTO AJONJOLIN JICA (Ref. M.Sc. Efraín Urrutia)
 Lugar: CAPREX-UES, Canton Telcualuyo, San Luis Talpa, La Paz

Muestra	Metodología							
	% Materia Orgánica	pH en KCl	ppm fósforo	ppm potasio	ppm calcio	ppm magnesio	ppm sodio	ppm aluminio
ID interno	TOC	Potenciómetro	UV	Llama	Volumétrica	Volumétrico	Llama	Volumétrico
MXI020-2019	7.67	5.44	21.69	345.00	15.92	454.31	71.50	18.0

Analista: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"



Lic. M.Sc. Freddy Alexander Carranza Estrada
 Jefe del Departamento de Química Agrícola



A-5. Componentes que explican la varianza.

Lambda	Valor	Proporción	Prop. Acum.
1	6.62	0.55	0.55
2	2.9	0.24	0.79
3	1.89	0.16	0.95
4	0.59	0.05	1
5	0	0	1
6	0	0	1
7	0	0	1
8	0	0	1
9	0	0	1
10	0	0	1
11	0	0	1
12	0	0	1

A-6. Componentes de las variables.

Variables	e1	e2
Diam. Basal (mm) ³	0.38	-0.14
Diam. Inter. (mm) ³	0.36	-0.14
Diam. Apical(mm) ³	0.27	-0.29
Altura tallo (cm) ³	0.31	0.09
Ganancia de Altura de tallo	0.18	0.22
Largo hoja (cm) ³	0.15	0.44
Ancho hoja (cm) ³	0.2	0.49
Altura 1er cap. (cm)	0.33	0.3
# Total de cap./planta	-0.32	0.13
Largo de cap.(mm)	0.33	0.16
Ancho de cap.(mm)	0.33	-0.24
# Semilla	-0.19	0.44
Correlación cofenética= 0.960		

A-7. Análisis bromatológico de las cinco selecciones.

RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión : Ciudad Universitaria, 02 de junio de 2021.

Tipos de Muestras: Ajonjoli.

Análisis solicitado: Bromatologico. Fe,Zn,Ca,Mg y P

Usuario: Rosa Amalia Preza.

RESULTADOS DE ANALISIS

Metodología

Muestra		AA-Llama				UV	Gravimétrico			micro-Kjedahl	Soxhlet	AnKo m	Diferencia
ID interno	ID Usuario	ppm Fe	ppm Zn	ppm Ca	ppm Mg	ppm P	%Humedad Total	%Materia Seca	%Ceniza	%Proteína Cruda	%Extracto Etéreo	%Fibra Cruda	%Carbohidratos
1	MXI301	45.83	40.14	830.43	1876.73	6229.91	4.86	91.13	4.37	17.39	35.34	26.66	16.24
2	MXI302	66.49	52.84	1006.73	2294.25	8048.28	4.97	90.90	5.43	17.14	33.56	30.09	13.78
3	MXI303	66.13	46.90	1233.44	2455.84	8184.44	4.80	91.21	6.12	13.88	43.31	18.41	18.28
4	MXI304	77.67	51.15	1009.93	2311.47	8273.58	4.80	91.17	5.43	17.33	46.96	22.59	7.69
5	MXI305	63.48	53.05	996.78	2257.83	7229.29	4.65	91.28	5.47	17.35	47.31	19.15	10.73

Para el análisis bromatológico solamente se recogieron datos

Para Minerales solamente se procedió a disolver las cenizas previas y a hacer lecturas

Resultados en base seca.

Analista: Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña

“HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA”

Lic.Emerson Gustavo Martinez Hernandez.