

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**



TRABAJO DE DIPLOMA

**EFECTO DE DENSIDAD POBLACIONAL DE PLANTAS Y FERTILIZACIÓN
NITROGENADA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
AJONJOLI *Sesamun indicum* L. VARIEDAD INTA Aj-2000**

AUTORES:

Br. Yader Ramón Vargas Téllez

Br. Félix Pedro Blanco Hernández

ASESORES:

Ing. MSc. Néstor Allan Alvarado D.

Ing. Orlando Téllez Obregón

Ing. Isabel Aburto Rizo

POSOLTEGA, CHINANDEGA, NICARAGUA, 2002

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**



TRABAJO DE DIPLOMA

**EFECTO DE DENSIDAD POBLACIONAL DE PLANTAS Y FERTILIZACIÓN
NITROGENADA SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
AJONJOLI *Sesamun indicum* L., VARIEDAD INTA Aj-2000**

AUTORES:

**Br. Yader Ramón Vargas Téllez
Br. Félix Pedro Blanco Hernández**

ASESORES:

**Ing. MSc. Néstor Allan Alvarado D.
Ing. Orlando Téllez Obregón
Ing. Isabel Aburto Rizo**

**Presentada a la consideración del honorable tribunal examinador como requisito final
para optar al grado de Ingeniero Agrónomo.**

POSOLTEGA, CHINANDEGA, NICARAGUA, 2002

DEDICATORIA

A DIOS:

Por darme sabiduría necesaria, guiar mis pasos hasta llegar alcanzar la meta propuesta.

A mi Padre, Madre y Abuela:

Vidal Jesús Vargas Hernández, Blanca Felipa Téllez González y Santos Pastora Pravia: que desde el cielo me protege y me ilumina para que pueda seguir adelante (q.e.p.d.).

A mi Esposa:

Elda Ruiz Martínez: Por sus sabios consejos y su gran amor; gracias por apoyarme todo el tiempo.

A mi Hija:

Karelys María Vargas Ruiz: es nuestro tesorito en nuestras vidas.

A mis Hermanos:

Lucrecia Mercedes Vargas Téllez

Vidal Jesús Vargas Téllez

Francisca Elena Vargas Téllez

William Benito Vargas Téllez

Jairo José Vargas Téllez

Denis Rodolfo Vargas Téllez

Yader Ramón Vargas Téllez

DEDICATORIA

A DIOS:

Por darme sabiduría necesaria, guiar mis pasos hasta llegar alcanzar la meta propuesta.

A mi Padre y Madre:

Humberto Blanco Galeano (q.e.p.d.): que desde el cielo me protege y me iluminó para seguir adelante.

Benita de Jesús Hernández: Por brindarme sus consejos y su gran amor y por apoyarme siempre en mis estudios, porque sin la ayuda de ella no hubiera concluido mis estudios.

A mis Hermanos:

Verónica Hernández González
Abrahán blanco González
Alexis Hernández
Natividad Blanco González
Maria Cristina Blanco González

Félix Pedro Blanco Hernández

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero MSc. Néstor Allan Alvarado Díaz por sus valiosos aporte técnico e investigativo, los cuales fueron instrumento básico para la realización y culminación del presente trabajo, el cual servirá como guía para posteriores investigaciones.

A los Ingenieros Orlando Téllez e Isabel Aburto Rizo por su valiosa cooperación que nos brindaron para la realización de este trabajo.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA A-1) del pacífico norte.

Nuestro más sincero agradecimiento al personal docente de la Universidad Nacional Agraria, que nos impartieron sus enseñanzas durante los cinco años de estudio universitario, concluyendo y aprobando el pensum académico exigido por las autoridades de la Universidad.

Yader Ramón Vargas Téllez
Félix Pedro Blanco Hernández

INDICE GENERAL

Sección	página
INDICE DE TABLAS	i
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METDOS	3
2.1. Descripción del lugar y experimento	3
2.1.1. Clima	3
2.1.2. Suelo	3
2.1.3. Descripción del diseño experimental	4
2.1.4. Descripción de los tratamientos	4
2.1.5. Dimensiones del ensayo	5
2.1.6. Variables evaluadas	6
2.1.7. Análisis económico	6
2.2. Manejo agronómico	8
III. RESULTADOS Y DISCUSION	9
3.1. Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el crecimiento del ajonjolí	9
3.1.1. Altura de planta (cm)	9
3.1.2. Número de ramas por planta	13
3.1.3. Número de cápsulas por planta	16
3.1.4. Altura de la primera cápsula	19
3.2. Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento y sus principales componentes	20
3.2.1. Número de semillas por cápsulas	20
3.2.2. Plantas acamadas / ha	20
3.2.3. Peso de 1000 semillas	22
3.2.4. Rendimiento en kg/ha	22
3.3. Análisis económico a los tratamientos en estudio	25
3.3.1. Presupuesto parcial	25
3.3.2. Análisis de dominancia	27
3.3.3. Análisis Marginal	28
IV. CONCLUSIONES	29
V. RECOMENDACIONES	30
VI. LITERATURA CITADA	31

INDICE DE TABLAS

Tabla No.		Página
1	Propiedades químicas del suelo. Centro Experimental de Occidente, Posoltega, Chinandega. Época de postrera del 2001.	4
2	Factores estudiados en el ensayo. Centro Experimental de Occidente, Posoltega, Chinandega. Época de postrera del 2001.	4
3	Descripción de los tratamientos del ensayo de densidad de siembra y, dosis de nitrógeno en el cultivo de ajonjolí. Centro Experimental de Occidente, Posoltega, Chinandega. Época de postrera del 2001.	5
4	Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre la altura de planta (cm). CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.	11
5	Efecto de interacción de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre la altura de planta (cm). CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.	12
6	Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el número de ramas por planta. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.	14
7	Efecto de interacción de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el número de ramas por planta. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.	15
8	Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el número de cápsulas por planta. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.	17
9	Efecto de interacción de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el número de cápsulas por planta. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.	18
10	Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre la altura de la primera cápsula (cm). CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.	19

Tabla No.		Página
11	Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el número de semillas por cápsula y plantas acamadas. CEO, Posoltega, Chinandega 2002.	21
12	Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el peso de mil semillas en gramos y rendimiento en kg. CEO, Posoltega, Chinandega 2002.	24
13	Presupuesto parcial de los tratamientos densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el cultivo del ajonjolí., CEO, Posoltega, Chinandega 2002.	26
14	Análisis de dominancia de los tratamientos densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el cultivo del ajonjolí., CEO, Posoltega, Chinandega 2002.	27
15	Análisis marginal de los tratamientos densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el cultivo del ajonjolí., CEO, Posoltega, Chinandega 2002.	28

RESUMEN

El presente trabajo se planificó con el propósito de determinar la influencia de diferentes densidades de siembra (99,630, 120,979 y 142,328 plantas / ha) y dosis de fertilizante nitrogenado (29.62, 59.24 y 88.86 kg / ha de nitrógeno) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del ajonjolí (*Sesamum indicum* L), variedad INTA Aj-2000 y análisis económico de los tratamientos en estudio, bajo las condiciones ecológicas del Centro Experimental de Occidente, Posoltega, Chinandega. El ensayo se estableció en la época de Postrera del 2001 (30 de Agosto al 20 de Diciembre del 2001), utilizándose un diseño de bloques completos al azar con arreglos en parcelas divididas y estableciéndose cuatro repeticiones. De las variables evaluadas, solamente la altura de planta (cm), el número de cápsulas por planta, el número de plantas acamadas y el rendimiento mostraron un efecto significativo ante los niveles del Factor A (densidades de siembra), del Factor B (dosis de nitrógeno) y la interacción densidad por nitrógeno. Para el rendimiento de grano, el nivel a_3 (142,328 plantas / ha) del Factor A, el nivel b_2 (59.24 kg de N /ha) del Factor B y las interacciones a_3b_2 y a_2b_2 indujeron obtener los mayores rendimiento de grano y cuando se aplicó la densidad de siembra de 120,979 plantas / ha y se aplicó 59.24 kg/ha de nitrógeno (a_2b_2) se obtuvo el tratamiento mas rentable económicamente (1,195 kg / ha), con una tasa de retorno marginal del 663.90 por ciento.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es un cultivo oleaginoso que pertenece a la familia Pedaliaceae originario de Etiopía, África, donde se distribuyó al Asia Central, Indostan y China. En términos generales se puede decir que la semilla de ajonjolí contiene: el 50 por ciento de aceite, 25 por ciento de proteína, 11 por ciento de carbohidratos, 5 por ciento de cenizas, 4 por ciento de materia fibrosa y 5 por ciento de humedad (Robles, 1985).

Por su adaptabilidad a las condiciones climáticas, el ajonjolí se siembra en todos los países de Centro América. Fue introducido en Nicaragua en el año 1937 a manera de experimento; inicialmente este cultivo se estableció en toda la zona del pacifico y Central de Nicaragua, por su alta adaptabilidad a las condiciones edafoclimaticas de estas zonas (Centeno, 1994).

Actualmente, el 80% del área cultivada de ajonjolí se siembra en los departamento de León Chinandega, principalmente ha sido cultivado por pequeños productores, quienes, con su sistema tradicional de producción no han logrado obtener rendimientos cercanos al potencial genético de las variedades que se siembran en el país, de tal forma, que el rendimiento ha fluctuado en los años últimos años en una estimación de 400 - 500 kg/ha, los cuales se consideran muy bajos con relación al potencial genético de las variedades que pueden alcanzar hasta mas de 1000 kg/ha (MAG, 1999).

Dentro de los componentes del sistema tradicional de producción del cultivo del ajonjolí, se pueden mencionar entre otros: La preparación de suelo, variedad utilizada, control de plagas y enfermedades, control de las malezas, densidad de siembra y la fertilización con urea 46 por ciento de nitrógeno. Estos mismos, si carecen de una tecnología adecuada, limitan la producción del rendimiento del ajonjolí (PAAT, 1992).

Con respecto a la densidad de siembra, ésta ha sido reconocida como uno de los componentes del sistema que contribuye a la producción de granos. Tomando en cuenta lo antes mencionado, Avila & Hernández (1991) plantean que las densidades de siembra no

óptimas en el ajonjolí han influido negativamente en el rendimiento, ya que, una distribución adecuada de plantas en el terreno permite que la competencia entre ellas por agua, nutrientes y luminosidad sea minimizada, permitiéndoles desarrollar a las plantas su máximo potencial de rendimiento.

Con relación a la fertilización nitrogenada, CRAT (1976) plantea que para elevar los rendimientos de este cultivo, se hace necesario aplicar fertilizantes nitrogenados, ya que este elemento es muy importante como complemento de la fertilidad natural del suelo para satisfacer las necesidades del cultivo. Así mismo, Fonseca (1996) dice que el ajonjolí responde bien al uso de fertilizantes nitrogenados, por lo que se recomienda su uso para obtener mejores rendimientos, y una de las principales medidas para lograr un buen aprovechamiento del nitrógeno por el cultivo es su fraccionamiento, el cual, debe ser aplicado en el momento en que las plantas mas lo necesitan.

La importancia de estudiar estos dos componentes del sistema tradicional de producción del cultivo del ajonjolí (densidad de siembra, fertilización con urea 46 por ciento de nitrógeno) que conlleven a un mejoramiento de los mismos para elevar los rendimientos del cultivo, motiva a realizar un estudio científico más riguroso para cumplir los siguientes objetivos:

- Estudiar el efecto de diferentes densidades de siembra bajo diferentes aplicaciones de Nitrógeno, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del ajonjolí.
- Determinar la dosis de Nitrógeno que induzca al aumento de los rendimientos a la densidad óptima de siembra.
- Evaluar la rentabilidad de los tratamientos (dosis y densidad de siembra) en estudio, para determinar al más rentable económicamente.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción del lugar del experimento

2.1.1. Clima

El ensayo se estableció en el Centro Experimental de Occidente (CEO), ubicado en el municipio de Posoltega, Departamento de Chinandega, este se encuentra ubicado a los 12°33' de latitud Norte y 85°59.0 de longitud oeste, a una elevación de 80 metro sobre el nivel del mar (m.s.n.m). La zonificación ecológica según Holdridge (1982) es del tipo bosque subtropical seco. El experimento se realizó en la época de postrera, del 30 de Agosto al 20 de Diciembre del 2001. Las condiciones climatológicas ocurrida en el periodo del ensayo se presenta en la Figura 1.

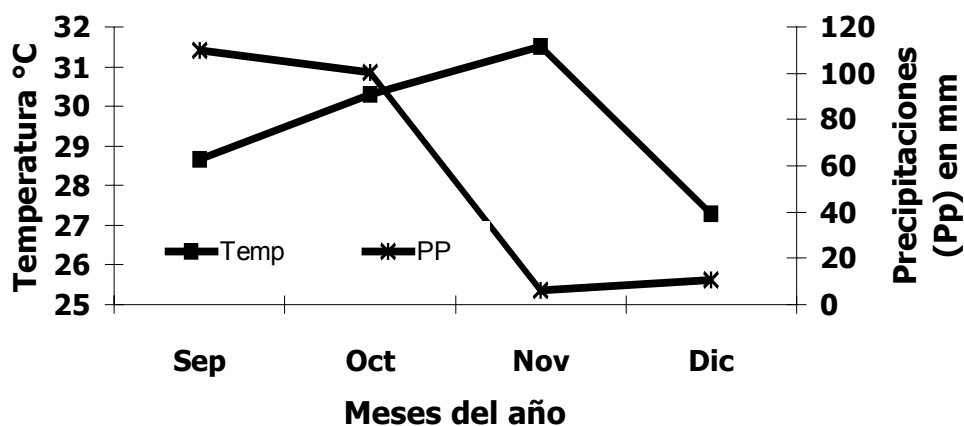


Figura 1. Climatograma del Centro Experimental de Occidente. Posoltega, Chinandega. Época de Postrera del 2001 (CEO, 2001).

2.1.2. Suelo

El suelo donde se estableció el ensayo pertenecen a la serie Ingenio (E.I) constituidos de textura franco-arenoso de origen volcánico, tratándose de suelos andisoles con topografía plana y ligeramente ondulados, profundos con buen drenaje (MAG, 1971). Las propiedades químicas del mismo se presentan en laTabla 1.

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo. Centro Experimental de Occidente. Posoltega, Chinandega. Época de Postrera del 2001.

Propiedades químicas				
pH (H ₂ O)	M. O (%)	N total (%)	P (ppm)	K (meq/100 g)
7.0	1.37	0.06	54.55	1.45

Fuente: Laboratorio Químico (LAQUISA), 2001.

2.1.3. Descripción del diseño experimental

El ensayo se estableció en un diseño de parcelas divididas, arregladas en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Los factores estudiados se presentan en la Tabla 2, en donde se puede apreciar que el primer factor lo constituye la densidad poblacional de plantas con tres niveles, el segundo factor fue la aplicación de nitrógeno con cuatro niveles.

Tabla 2. Factores estudiados en el ensayo del ajonjolí. Centro Experimental de Occidente, Posoltega, Chinandega. Época de Postrera del 2001.

Factor A. Densidad de plantas	Factor B. Dosis de Nitrógeno
a ₁ : 99,630 plantas/ha	b ₀ : 0 kg/ha
a ₂ : 120,979 plantas/ha	b ₁ : 29.62 kg/ha
a ₃ : 142,328 plantas/ha	b ₂ : 59.24 kg/ha
	b ₃ : 88.86 kg/ha

2.1.4. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se conformaron combinando todos los niveles del Factor A con cada uno de los niveles del Factor B, resultado 12 tratamientos, tal como se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos del ensayo de densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el cultivo de ajonjolí. Centro Experimental de Occidente, Posoltega, Chinandega. Época de postrera del 2001.

Tratamientos	Descripción
a ₁ b ₀	99,630 plantas/ha sin aplicación de nitrógeno
a ₁ b ₁	99,630 plantas/ha con aplicaciones de 29.62 kg/ha de nitrógeno
a ₁ b ₂	99,630 plantas/ha con aplicaciones de 59.24 kg/ha de nitrógeno
a ₁ b ₃	99,630 plantas/ha con aplicaciones de 88.86 kg/ha de nitrógeno
a ₂ b ₀	120.979 plantas/ha sin aplicación de nitrógeno
a ₂ b ₁	120.979 plantas/ha con aplicaciones de 29.62 kg/ha de nitrógeno
a ₂ b ₂	120.979 plantas/ha con aplicaciones de 59.24 kg/ha de nitrógeno
a ₂ b ₃	120.979 plantas/ha con aplicaciones de 88.86 kg/ha de nitrógeno
a ₃ b ₀	142.328 plantas/ha sin aplicación de nitrógeno
a ₃ b ₁	142.328 plantas/ha con aplicaciones de 29.62 kg/ha de nitrógeno
a ₃ b ₂	142.328 plantas/ha con aplicaciones de 59.24 kg/ha de nitrógeno
a ₃ b ₃	142.328 plantas/ha con aplicaciones de 88.86 kg/ha de nitrógeno

Las dimensiones del ensayo fueron las siguientes:

a) Área de la parcela útil	5 m x 2.44 m	:	12.2 m ²
b) Área de la sub-parcela	6 m x 4.88 m	:	29.28 m ²
c) Área de la parcela grande	6 m x 19.52 m	:	117.12 m ²
d) Área de una repetición	6 m x 58.56	:	351.36 m ²
e) Área entre repetición	1 m x 58.56 m x 3	:	175.68 m ²
f) Área de 4 repeticiones	351.36 m ² x 4	:	1 405.44 m ²
g) Área total del experimento	1 405.44 m ² + 175.68	:	1 581.12 m ²

El área de la sub parcela estuvo constituida por 8 surcos de 6 m de longitud, separados por 0.61 m, y se tomó como parcela útil los 4 surcos centrales, la cual constituyó el área de

cálculo, y en la misma en 5 plantas tomadas al azar se realizaron todas las observaciones de las características a medir.

2.1.6. Variables evaluadas

- a) Durante el crecimiento del cultivo a los 48, 58 y 78 dds se midieron las siguientes características:
 - a.1. Altura de planta (cm): Se tomó la altura de planta desde el nivel de la superficie del suelo hasta la base de la yema terminal del tallo.
 - a.2. Altura de la primera cápsula (cm): Se midió desde la superficie del suelo hasta la primera capsula desarrollada.
 - a.3. Número de ramas / planta: Se contó el número total de ramas por planta.
 - a.4. Número de cápsulas / planta.

- b) A la cosecha.
 - b.1. Número de cápsulas/planta.
 - b.2. Número de semillas/cápsulas.
 - b.3. Número de plantas acamadas
 - b.4. Peso de mil granos en gramos.
 - b.5. Rendimiento de grano en kg/ha.

La evaluación estadística de los datos obtenidos de las variables en estudios se realizó por medio del análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias rangos múltiples de Duncan al 5 % de confiabilidad.

2.1.7. Análisis económico

Los resultados obtenidos en el ensayo se sometieron a un análisis económico para evaluar la rentabilidad de los tratamientos, con el fin de brindar información acerca de cual de ellos es más rentable. El procedimiento empleado para la realización de este análisis fue a través del

presupuesto parcial y el análisis marginal, según la metodología propuesta por el CIMMYT (1988), que a continuación se describe:

- Presupuesto parcial: Organiza los datos del experimento para obtener los costos y beneficios netos de cada uno de los tratamientos, tomando en cuenta los siguientes componentes:

Rendimiento medio (kg/ha): Se toman en cuenta todos los rendimientos medios de los tratamientos que se están evaluando.

Rendimientos Ajustados (kg/ha): Se ajusta el rendimiento medio de cada uno de los tratamientos evaluados al 10 %, para reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con los tratamientos.

Beneficios brutos de campo (C\$/ha): El beneficio bruto de campo de cada tratamiento se calcula multiplicando el precio de campo del producto por el rendimiento ajustado.

Precio de campo del producto: El precio de campo del producto se define como el valor que tiene para el agricultor una unidad adicional de producción en el campo, antes de la cosecha. Para calcularlo se toma el precio que el agricultor recibe (o podría recibir) por el producto cuando lo vende y se le restan todos los costos relacionados con la cosecha y venta que son proporcionales al rendimiento, es decir, los costos que se pueden expresar por kilogramo del producto.

Costos que varían (C\$/ha): Los costos que varían son los costos (por ha) relacionados con los insumos comprados, la mano de obra y la maquinaria, que varían de un tratamiento a otro.

Beneficios netos (C\$/ha): Los beneficios netos para cada tratamiento se calcula restando el total de los costos que varían de los beneficios brutos de campo.

- El análisis marginal: El análisis marginal compara los costos que varían con los beneficios netos de cada tratamiento y contempla los siguientes análisis:

Análisis de dominancia: Examina los costos que varían, ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de los costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costo que varían mas bajos.

La tasa de retorno marginal: La tasa de retorno marginal nos revela exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida y se calcula dividiendo los beneficios netos marginales entre los costos marginales expresado en por ciento.

2.2 - Manejo Agronómico

La preparación de suelo se realizó mecánicamente, utilizándose el sistema convencional, el cual consiste en un pase de arado a 20 cm de profundidad y dos pase de gradas (el primero a los 15 días antes de la siembra y el segundo el mismo día de la siembra), nivelación del terreno y seguidamente se surco. La siembra se realizó manualmente el 31 de Agosto del 2001.

La siembra se realizó de forma manual, a una distancia entre surco de 0.61 m y a los 20 días después de la germinación se raleó dejando 6 plantas por metro lineal. La variedad estudiada fue la Variedad INTA Aj-2000, la cual presenta las siguientes características agronómicas: Hábito de crecimiento indeterminado; de dos a cuatro ramas basales en el tallo; entrenudos de medianos a largo; las hojas son opuestas en el tallo central, de color verde claro; ciclo de 90-100 días; la altura de planta menor a 1.50 m; de 1 a 3 cápsulas por axilas; semilla de color blanca; inicio de floración 35 a 38 días después de la siembra; potencial de rendimiento de 835 kg / ha.

El control de malezas se realizó de forma manual, manteniendo el ensayo libre de las mismas hasta que el cultivo cerró calle. La fertilización se llevó a cabo utilizando la fórmula completa 0-30-10 al momento de la siembra, a razón de 129 kg/ha y la fertilización nitrogenada se realizó con urea (46 % de nitrógeno) aplicándose según lo descrito en la Tabla 2 a los 25 días después de la siembra. No se aplicó ningún control para las plagas del suelo y no se realizó ninguna aplicación química para el control de plagas durante el período de crecimiento y fructificación, ya que las mismas no se presentaron. La cosecha se realizó de forma manual a los 100 días después de la siembra.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el crecimiento del ajonjolí

3.1.1. Altura de planta (cm)

La altura de planta es una variable que nos permite medir el crecimiento del cultivo. Yagodín *et al.*, (1982) señalaba que esta puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores ambientales: luz, calor, humedad y nutrientes. Esto concuerda con lo señalado por Malespín & Castillo (1993), de que la altura del ajonjolí y el vigor de la planta son de gran importancia por su influencia en el crecimiento, rendimiento, acame y cosecha, y la altura final dependerá del tipo de suelo, densidades de siembra, fertilidad y la humedad disponible del mismo.

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de las diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno para la variable altura de planta en centímetro. Se puede apreciar que hubo diferencias significativas a los 48, 58 y 70 días después de la siembra (dds) en los niveles de las densidades de siembra (Factor A), observándose que a los 48 dds la mayor altura de planta se obtuvo con la densidad de 120,279 plantas /ha con 117.0 cm y con diferencias significativas con las densidades de 142,238 y 99,360 plantas / ha (con 110.1 y 108.3 cm de longitud), las cuales no mostraron diferencias significativas entre las mismas. Este comportamiento de la altura de planta se mantiene a los 58 y 70 días dds, en donde se aprecia que la mayor altura siempre se desarrolla con la densidad de 120,979 plantas /ha (147.0 cm a los 58 dds y 152.4 cm a los 70 dds). Esto es posible, ya que el crecimiento del cultivo del ajonjolí es lento en las primeras 4 semanas de su desarrollo, sin embargo, este se acelera a partir de los 35 dds. Por lo tanto, cuando se realizó la primera evaluación de altura (48 dds) ya se diferenció el efecto de las densidades sobre la altura de planta y manteniéndose estas diferencias de altura durante el crecimiento del cultivo. Esto es corroborado por Sánchez

(1981), quien señala que el crecimiento del ajonjolí es lento en los primeros 30 días de su desarrollo y que para poder diferenciar el efecto cualquier tratamiento, las evaluaciones se deben de realizar a partir de los 35 dds.

Para el Facto B (dosis de Nitrógeno), se observa (Tabla 4) que las distintas dosis aplicadas ejercieron efecto significativo a los 48, 58 y 78 días después de la siembra (dds). A los 48 dds la mayor altura la alcanzo el nivel b_3 (88.86 kg/ha) con 118.6 cm y con diferencias significativas con el resto de los niveles, en segundo lugar quedó la dosis de 59.24 kg/ha, (114.2 cm), en tercer lugar la dosis de 29.62 kg/ha de nitrógeno (con 108.9 cm), y la menor altura la alcanzo el nivel b_0 (0 kg/ha) con 105.4 cm.

Al analizar el efecto de la interacción de los Factores (Tabla 5), se puede apreciar que los tratamientos difieren estadísticamente a los 48, 58, y 78 días después de la siembra (dds), y si se analiza la altura final (a los 70 dds) se puede observar que el tratamiento a_2b_3 alcanzo la mayor altura con 158.15 cm y con diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos. En los tratamientos testigo donde no se aplico nitrógeno (a_3b_0 , a_2b_0 y a_1b_0) se desarrollaron las menores alturas y sin diferencias significativas entre las mismas. Estas diferencias de alturas encontradas se deben a la respuesta que da el ajonjolí a las diferentes dosis de nitrógeno aplicado. Este elemento, es de gran importancia en el crecimiento de la planta, ya que participa en la síntesis de proteína y esta a su vez en la división celular, por lo que se puede suponer que una disminución del nitrógeno disponible en suelo debe provocar una disminución consecuente en la síntesis de proteína, lo cual provoca a su vez una disminución en el tamaño de las células y especialmente en el ritmo de sus divisiones, afectándose negativamente el crecimiento de la planta. Estos resultados concuerdan con los de Blanco & Mairena (1993) en un estudio similar, pero con diferente variedad de ajonjolí (Turen), en donde la altura de planta se vio afectada por las diferentes dosis y momento de aplicación del nitrógeno.

Tabla 4. Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre la altura de planta (cm). CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Factor A. Densidad de plantas	48 dds	58 dds	78 dds
a ₂ : 120,979 plantas/ha	117.0 a	147.0 a	152.4 a
a ₃ : 142,328 plantas/ha	110.1 b	141.7 b	150.3 ab
a ₁ : 99,630 plantas/ha	108.3 b	140.0 b	148.7 b
ANDEVA	*	*	*
C. V. (%)	7.35	8.85	9.2
Factor B. Dosis de Nitrógeno			
b ₃ : 88.86 kg/ha	118.6 a	150 a	151.6 a
b ₂ : 59.24 kg/ha	114.2 ab	146 ab	150.7 ab
b ₁ : 29.62 kg/ha	108.9 b	140 b	145.83 b
b ₀ : 0 kg/ha	105.4 c	136 c	136.63 c
ANDEVA	*	*	*
C. V. (%)	5.4	5.2	4.5

Tabla 5. Efecto de interacción de densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre la altura de planta (cm). CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

48 dds		58 dds		78 dds	
Tratamiento	Altura	Tratamiento	Altura	Tratamiento	Altura
a ₂ b ₃	123.05 a	a ₂ b ₃	154.05 a	a ₂ b ₃	158.15 a
a ₂ b ₂	120.1 a	a ₂ b ₂	151.00 ab	a ₂ b ₂	152.70 b
a ₃ b ₃	118.3 ab	a ₃ b ₃	150.25 ab	a ₃ b ₃	152.90 b
a ₂ b ₁	115.75 bc	a ₁ b ₃	146.35 b	a ₁ b ₃	152.80 b
a ₁ b ₃	114.5 c	a ₃ b ₂	144.00 b	a ₃ b ₁	152.15 b
a ₃ b ₂	113.65 c	a ₂ b ₁	142.8 bc	a ₃ b ₂	151.21 b
a ₂ b ₀	111.35 c	a ₁ b ₂	141.55 bc	a ₂ b ₁	150.95 b
a ₁ b ₂	108.7 d	a ₂ b ₀	140.15 bc	a ₁ b ₂	148.90 b
a ₁ b ₁	108 d	a ₃ b ₁	139.55 bc	a ₁ b ₁	143.40 c
a ₃ b ₁	105.7 e	a ₁ b ₁	137.00 c	a ₃ b ₀	148.55 c
a ₃ b ₀	102.6 e	a ₁ b ₀	133.40 c	a ₂ b ₀	149.75 c
a ₁ b ₀	102.3 e	a ₃ b ₀	132.95 c	a ₁ b ₀	138.45 c
ANDEVA	*	ANDEVA	*	ANDEVA	*
C.V. (%)	9.35	C.V. (%)	108	C.V. (%)	8.75

3.1.2. Número de ramas por plantas

Las ramas son las portadoras de los principales órganos para la realización de la fotosíntesis, y el desarrollo de las mismas se verá afectada con altas densidades de siembra (Barahona & Gago, 1996). Al respecto, Quilantan (1993), Goldsworthy & Fischer (1984) señala que el número de ramas plantas son afectadas por los contenidos de nutrientes del suelo, siendo el elemento nitrógeno el que más las afecta.

Los resultados indican (Tabla 6) que no se encontraron diferencias significativas entre las diferentes densidades de siembra (Factor A) evaluadas a los 48, 58 y 78 dds. No obstante, si se analiza el comportamiento numérico de las medias, se puede observar que hay una tendencia de disminución de ramas/planta con la densidad mayor (142,328 plantas/ha), lo cual viene a confirmar lo planteado por Quilantán (1983), quien dice que a diferentes densidades de siembra habrá diferentes numero de ramas/planta. Para el caso de las dosis de nitrógeno (Factor B) y la interacción densidad de siembra y dosis de nitrógeno (Tabla 7) tampoco hubo efecto del nitrógeno sobre esta variable; sin embargo se observa que las medias oscilaron entre 2 y 3 ramas y en aquellos tratamientos donde no se aplicó nitrógeno el número de ramas disminuyó 2 aunque sin diferencias significativas entre el resto de tratamientos.

Estos resultados son corroborados por Olivas & Murguía (2000) en un estudio de siete diferentes densidades de siembra y encontró que en altas densidades de poblaciones el número de ramas disminuyo a 2 en la variedad Cuyumaqui. Así mismo, Ochoa & Meza (2000) encontraron en un estudio de diferentes niveles y fraccionamiento del nitrógeno, que cuando no aplicaron nitrógeno el número de ramas por planta disminuyo a 2.

Tabla 6. Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el número de ramas por planta . CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Factor A. Densidad de plantas	48 dds	58 dds	78 dds
a ₁ : 99,630 plantas/ha	3 a	3 a	3 a
a ₂ : 120,979 plantas/ha	3 a	3 a	3 a
a ₃ : 142,328 plantas/ha	2 a	2 a	2 a
ANDEVA	NS	NS	NS
C. V. (%)	6.35	7.85	6.2
Factor B. Dosis de Nitrógeno			
b ₀ : 0 kg/ha	2 a	2 a	2 a
b ₁ : 29.62 kg/ha	3 a	3 ^a	3 a
b ₂ : 59.24 kg/ha	3 a	3 a	3 a
b ₃ : 88.86 kg/ha	3 a	3 a	3 a
ANDEVA	NS	NS	NS
C. V. (%)	4.4	6.2	5.5

Tabla 7. Efecto de interacción de densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el número de ramas por planta. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Tratamiento	Número de ramas por planta a los 78 dds
a ₂ b ₃	3 a
a ₂ b ₂	3 a
a ₃ b ₃	3 a
a ₁ b ₃	3 a
a ₃ b ₁	3 a
a ₃ b ₂	3 a
a ₂ b ₁	3 a
a ₁ b ₂	3 a
a ₁ b ₁	3 a
a ₃ b ₀	2 a
a ₂ b ₀	2 a
a ₁ b ₀	2 a
ANDEVA	*
C.V. (%)	8.75

3.1.3. Número de cápsulas por plantas

El número de cápsulas por planta varía en dependencia del tipo de crecimiento de la variedad, y éstas pueden producir de 1 a 3 cápsulas / axila. El comportamiento de esta variable se afecta por factores ambientales y del manejo que se le da al cultivo (Uriarte & Tapia, 1997).

En la Tabla 8 se presentan los resultados del análisis estadístico para la variable número de cápsulas / planta. Se observa diferencias significativas entre las medias de los niveles del Factor A (densidades), apreciándose que con la densidad de 120,979 plantas / ha se desarrolló el mayor número de cápsulas por planta en los tres momentos de evaluación, con 41 cápsulas / planta a los 48 dds, 89 cápsulas / planta a los 68 dds y 94 cápsulas / planta a los 78 dds. Estos resultados indican que con la densidad de 120,979 plantas / ha la variedad en estudio desarrolló el mayor número de cápsulas por planta, al alcanzar un equilibrio entre la competencia del espacio vital para cada planta para su crecimiento y desarrollo, lo cual confirma lo planteado por Bonsu (1977) en Ghana, África, al evaluar en ajonjolí diferentes densidades de siembra y encontró que con densidades óptimas entre planta y planta el número de cápsulas / planta se incrementa.

Para el Factor B (niveles de nitrógeno), cuando se aplicó la dosis de 88.86 kg / ha de nitrógeno (Tabla 8) la planta respondió con un mayor número de cápsulas por planta y difiriendo significativamente con el resto de las dosis aplicadas en los tres momentos de evaluación. Estos resultados han sido confirmados por Blanco & Mairena (1993) en un estudio similar a este, pero con diferente variedad (Turen) en donde la dosis de 88.86 kg/ha presentó el mayor número de cápsulas / planta. Al estudiar el comportamiento del efecto de los tratamientos, se puede observar en la Tabla 9 que los mismos ejercieron diferencias significativas. Cuando se sembró a una densidad de 120,979 plantas / ha y se aplicó 88.86 kg / ha de nitrógeno (a_2b_3) se obtuvo el mayor número de cápsulas por planta.

Tabla 8. Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el número de cápsulas por planta. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Factor A. Densidad de plantas	48 dds	58 dds	78 dds
a ₂ : 120,979 plantas/ha	41 a	89 a	94 a
a ₃ : 142,328 plantas/ha	29 b	72 b	82 b
a ₁ : 99,630 plantas/ha	29 c	71 c	86 c
ANDEVA	*	*	*
C. V. (%)	5.32	6.27	8.42
Factor B. Dosis de Nitrógeno			
b ₃ : 88.86 kg/ha	42 a	80 a	92 a
b ₂ : 59.24 kg/ha	36 b	75 b	88 b
b ₁ : 29.62 kg/ha	32 c	64 b	85 c
b ₀ : 0 kg/ha	27 d	50 c	60 d
ANDEVA	*	*	*
C. V. (%)	4.12	5.15	5.82

Tabla 9. Efecto de interacción de densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el número de cápsulas por planta. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

48 dds		58 dds		78 dds	
Trat.	Cápsulas/ptas	Trat.	Cápsulas/ptas	Trat.	Cápsulas/ptas
a ₂ b ₃	50 a	a ₂ b ₃	85 a	a ₂ b ₃	98 a
a ₂ b ₂	43 a	a ₂ b ₂	83 a	a ₂ b ₂	95 a
a ₃ b ₃	40 ab	a ₃ b ₃	80 ab	a ₃ b ₃	92 ab
a ₁ b ₃	39 ab	a ₁ b ₃	78 ab	a ₁ b ₃	91 ab
a ₃ b ₁	38 ab	a ₃ b ₁	78 ab	a ₃ b ₁	89 ab
a ₃ b ₂	34 ab	a ₃ b ₂	76 ab	a ₃ b ₂	83 b
a ₂ b ₁	33 b	a ₂ b ₁	70 b	a ₂ b ₁	80 b
a ₁ b ₂	32 b	a ₁ b ₂	69 b	a ₁ b ₂	79 b
a ₁ b ₁	31 b	a ₁ b ₁	68 b	a ₁ b ₁	77 b
a ₃ b ₀	27 c	a ₃ b ₀	50 c	a ₃ b ₀	60 c
a ₂ b ₀	26 c	a ₂ b ₀	51 c	a ₂ b ₀	60 c
a ₁ b ₀	25 c	a ₁ b ₀	49 c	a ₁ b ₀	61 c
ANDEVA	*	ANDEVA	*	ANDEVA	*
C.V. (%)	9.35	C.V. (%)	108	C.V. (%)	8.75

3.1.4. Altura de la primera cápsula (cm)

La altura de inserción de la primera cápsula varía entre una variedad y otra, y la misma está en dependencia del tipo de crecimiento del cultivar, factores ambientales y manejo que se le dé al cultivo. Al respecto, Blanco & Mairena, (1993) plantean que una altura de inserción de la primera cápsula mayor de 20 cm facilita la cosecha mecanizada, aunque esta práctica se dificulta por la dehiscencia de la cápsula.

En la Tabla 10 se presentan los resultados del análisis de varianza y separación de medias para esta variable, observándose diferencias no significativas entre los Factores evaluados y la interacción de los tratamientos estudiados. Estos resultados demuestran que las densidades evaluadas y las dosis de nitrógeno aplicados no modificaron el comportamiento de la altura de la primera cápsula.

Tabla 10. Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre la altura de la primera cápsulas (cm). CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Factor A. Densidad de plantas	Altura de la primera cápsula a los 78 dds
a ₂ : 120,979 plantas/ha	61 a
a ₃ : 142,328 plantas/ha	60 a
a ₁ : 99,630 plantas/ha	57 a
ANDEVA	NS
C. V. (%)	9.8
Factor B. Dosis de Nitrógeno	
b ₃ : 88.86 kg/ha	60 a
b ₂ : 59.24 kg/ha	59 a
b ₁ : 29.62 kg/ha	58 a
b ₀ : 0 kg/ha	58 a
ANDEVA	NS
C. V. (%)	5.12
Interacción A x B	NS

3.2. Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento y sus principales componentes

3.2.1. Número de semillas por cápsulas

El número de semillas por cápsulas es una característica genética propia de cada variedad que varía en un rango limitado según las condiciones ambientales y el manejo que se le dé al cultivo (Uriarte & Tapia, 1997).

Se puede observar en la Tabla 11 que esta variable no presenta diferencias significativas estadísticas entre sus medias para ninguno de los Factores evaluados y su interacción, lo cual hace suponer que las diferentes densidades de siembra evaluadas y las dosis de nitrógeno aplicado no influyeron en el número de granos/cápsulas. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Delgado & Yermanos (1975) en un estudio de densidades de siembra en ajonjolí y reportan que el número de semillas por cápsula no se modificó; así mismo, por Flores & García (1998) en un estudio de fertilidad nitrogenada en ajonjolí pero con diferente variedad (Mejicana) encontraron que la variable número de semillas por cápsula resultó ser no significativas.

3.2.2. Plantas acamadas / ha

El número de plantas acamadas es un factor de suma importancia ya que influye en el rendimiento del cultivo. Altas densidades de población y altas dosis de nitrógeno disminuyen el diámetro del tallo, lo cual incrementa la susceptibilidad al acame (Alvarado 1999).

En la Tabla 11 se presentan los resultados estadísticos de esta variable, en la cual se aprecia que con el mayor número de plantas por área (nivel a₃ del Factor A), se dio el mayor número de plantas acamadas (10833 plantas / ha) y difiriendo significativamente con el resto de las densidades. Estas diferencias encontradas se debe al acame que sufrieron las plantas como producto del debilitamientos del grosor del tallo a la respuesta de las plantas a la

competencia entre planta y planta a las distintas densidades evaluados. Estos resultados coinciden con los de Cuadra (1988) y López (1990) quienes mencionan que al aumentarse las densidades de siembra se incrementa el acamado del cultivo. Para el Factor B (dosis de nitrógeno), el nivel b_3 indujo al mayor número de plantas acamadas (8,888.0 plantas acamadas / ha), esto es posible ya que el nitrógeno es un elemento nutricional que favorece el crecimiento de la planta, y en dosis no óptima el tallo se alarga, conllevando con esto al acame de los tallos, tal como se puede observar en la interacción de los tratamientos que cuando se combinó el nivel a_3b_3 se produjo el mayor volcamiento de tallos (15,833.0 plantas acamadas / ha).

Tabla 11. Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el número de semillas por cápsulas y plantas acamadas. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Factor A. Densidad de plantas	Semillas por cápsulas	Plantas acamadas		
		Acamadas	Interacción A x B	
a_2 : 120,979 plantas/ha	61a	6,250.0 a	a_3b_3	15,833.0 b
a_3 : 142,328 plantas/ha	59 a	10,833.0 b	a_3b_2	11,666.0 b
a_1 : 99,630 plantas/ha	59 a	6,041.0 a	a_3b_1	10,833.0 ab
ANDEVA	NS	*	a_3b_0	10,000.0 ab
C. V. (%)	6.37	4.21	a_1b_2	7,500.0 ab
Factor B. Dosis de Nitrógeno			a_1b_0	6,666.0 ab
b_3 : 88.86 kg/ha	60 a	8,888.0 c	a_1b_1	6,666.0 ab
b_2 : 59.24 kg/ha	57 a	8,055.0 bc	a_2b_3	5,833.0 ab
b_1 : 29.62 kg/ha	60 a	7,777.0 ab	a_2b_0	5,000.0 ab
b_0 : 0 kg/ha	62 a	6,111.0 a	a_2b_2	5,000.0 ab
ANDEVA	NS	*	a_2b_1	4,166.0 a
C. V. (%)	8.45	10.25	a_1b_3	3,333.0 a
Interacción A x B	NS	*	ANDEVA	*
			C.V. (%)	9.85

3.2.3. Peso de 1000 semillas

El peso de 1000 semillas es un carácter que está determinado genéticamente. Para el cultivo del ajonjolí, el mismo varía según la variedad en un rango de 2.2 a 3.7 gramos/1000 semillas. Al respecto, Zapata & Orozco (1991), plantean que esta variable demuestra la capacidad de trasladar los nutrientes acumulados por la planta en su desarrollo vegetativo al grano en la etapa reproductiva.

Al analizar los resultados estadísticos del peso de 1000 semillas (Tablas 12) no se encontraron diferencias significativas para los factores en estudio y su interacción, apreciándose que el valor numérico de las medias se desplazó entre 3.8 y a 3.9 gramos/1000 semillas.

Estos resultados son corroborados por Toruño (1987), quién realizó un estudio de 8 variedades de ajonjolí, y encontró que el peso de 1000 semillas para la variedad Cuyumaqui fue de 3.98 gramos. Así mismo, Flores & García (1998) en un estudio similar a este pero con la variedad Mejicana, no encontraron diferencias estadística para la variable peso de mil granos en gramos (3.68 g) , ni en los factores en estudio como tampoco en su interacción.

3.2.4. Rendimiento en kg/ha

El rendimiento es el resultado del efecto combinado de muchos factores tanto genéticos como ecológicos, así como la interacción del genotipo con el medio ambiente, incluyendo dentro de este ultimo la actividad humana mediante el manejo que se le dé a la plantación (González & Bervis, 1993). Al respecto, Alvarado (1999) plantea, que esta es la variable principal en cualquier cultivo y determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio unido al potencial genético de la

variedad los cuales se relacionan entre sí para expresarse en producción de grano por hectárea.

Según el análisis de varianza realizado a esta variable, demuestra que existe un efecto significativo de las densidades evaluadas (Factor A), es decir que las diferencias encontradas entre los niveles del Factor A se deben al efecto real de cada una de las densidades evaluadas, observándose (Tabla 12) que los mayores rendimientos se alcanzaron con las densidades de 120,979.0 y 142,238 plantas / ha (925 y 932 kg / ha respectivamente) y sin diferencias significativas entre ellos. Estas diferencias de rendimiento de grano encontradas para cada uno de los niveles del Factor A, se deben a que el cultivo vio afectado su crecimiento y rendimiento por cada una de las diferentes densidades de siembra evaluadas, ya que las plantas compitieron entre ellas mismas por la luz, el agua y nutrientes del suelo y al estar en equilibrio y minimizada esta competencia entre densidades de planta de 120,979 a 142,325 plantas / ha, permitió que el cultivo desarrollara su máximo potencial de rendimiento de grano. Estos Resultados se asemejan a los encontrados por Uriarte y Tapia (1997) en un estudio similar pero con la variedad Mejicana, en donde la densidad de 119 043 plantas/ha indujo a obtener el mayor rendimiento de grano.

Con relación a las dosis evaluadas (Factor B), el mayor rendimiento (1,185.0 kg / ha) se obtuvo cuando se aplicó la dosis de 59.24 kg / ha de nitrógeno y difiriendo significativamente con el resto de los niveles del Factor B, y al analizar el efecto combinado de los niveles de los Factores en estudio se aprecia que con las combinaciones a_2b_2 y a_3b_2 se obtuvieron las mayores rendimiento de grano (1,195.0 y 1,193.0 kg / ha). Estas diferencias encontradas del rendimiento entre las dosis de nitrógeno evaluadas, se deben principalmente al efecto que ejerció el nitrógeno sobre los componentes del crecimiento y rendimiento del cultivo del ajonjolí. Probablemente el papel más importante que jugó éste elemento fue en la síntesis de proteína, la cual es indispensable para el crecimiento y desarrollo de la planta.

Similares resultados obtuvieron Flores & García (1998) en un estudio de diferentes niveles y fraccionamiento del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del ajonjolí, pero con una variedad diferente (Mejicana).

Tabla 12 Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno sobre el peso de mil semillas en gramos y rendimiento en kg / ha. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Factor A. Densidad de plantas	Peso de 1000 Semillas (g)	Rendimiento kg / ha	Interacción A x B	
a ₂ : 120,979 plantas/ha	3.8 a	925 a	a ₂ b ₂	1195 a
a ₃ :142,328 plantas/ha	3.8 a	932 a	a ₃ b ₂	1193 a
a ₁ : 99,630 plantas/ha	3.9 a	889 b	a ₁ b ₃	897 b
ANDEVA	NS	*	a ₂ b ₃	853 b
C. V. (%)	8.4	7.2	a ₃ b ₁	754 bc
Factor B. Dosis de Nitrógeno			a ₃ b ₃	733 c
b ₃ : 88.86 kg/ha	3.9 a	827 c	a ₁ b ₂	700 c
b ₂ : 59.24 kg/ha	3.8 a	1185 a	a ₂ b ₁	675 c
b ₁ : 29.62 kg/ha	3.9 a	946 b	a ₁ b ₁	645 c
b ₀ : 0 kg/ha	3.8 a	704 d	a ₁ b ₀	438 d
Interacción A x B	NS	*	a ₃ b ₀	400 d
			a ₂ b ₀	400 d
ANDEVA	NS	*	ANDEVA	*
C. V. (%)	4.15	5.82	C. V. (%)	9.25

3.3. Análisis económico a los tratamientos en estudio

Dado que los tratamientos están constituidos por la combinación de los niveles del Factor A (densidades de siembra) con cada uno de los niveles del Factor B (dosis de nitrógeno), se llevó a cabo el análisis económicos a las combinaciones de la interacción A x B, con el propósito de determinar el tratamiento más rentable, tomando en cuenta el presupuesto parcial, el análisis de dominancia y el análisis marginal, tal como lo propone la metodología del CIMMYT (1988).

3.3.1. Presupuesto parcial

Para la realización de este presupuesto parcial, se tomaron en cuenta los precios vigentes durante el desarrollo del estudio. Para el caso del ajonjolí al momento de la cosecha fue de C\$ 130 córdobas por saco de 45.45 kg de peso.

En la Tabla 12 se presenta el presupuesto parcial de los 12 tratamientos en estudio. Se observa que en la tercera línea del presupuesto presenta los rendimientos medios obtenidos de cada tratamiento. Estos rendimientos se ajustaron a un 10 %, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento. El rendimiento ajustado se muestra en la línea cuatro. En la línea 9, se muestra el total de los costos variables para cada tratamiento. El mayor costo variable lo presenta el tratamiento a_3b_2 (1198.83 córdobas / ha) y el mayor beneficio neto lo generó el tratamiento a_2b_2 con 1220.93 córdobas / ha.

Tabla 13. Presupuesto parcial de los tratamientos densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el cultivo del ajonjolí. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Componentes del Presupuesto parcial	Tratamientos					
	a ₁ b ₀	a ₁ b ₁	a ₁ b ₂	a ₁ b ₃	a ₂ b ₀	a ₂ b ₁
Rendimiento kg/ha	438.00	645.00	700.00	897.00	400.00	675.00
Ajuste (10 %)	43.80	64.50	70.00	89.70	40.00	67.50
Rendimiento ajustado (kg/ha)	394.20	580.50	630.00	807.30	360.00	607.50
Beneficio Bruto de campo (C\$/ha)	863.76	1271.98	1380.44	1768.94	788.82	1331.14
Costo de Transporte (C\$/ha)	124.04	182.66	198.24	254.03	113.28	191.16
Costo de cosecha (C\$/ha)	110.16	162.22	176.05	225.60	100.60	169.76
Costo de mano de obra (C\$/ha)	0.00	75.00	75.00	75.00	0.00	75.00
Costo del semilla (C\$/ha)	64.22	64.22	64.22	64.22	128.45	128.45
Costo del Nitrógeno (C\$/ha)	0.00	146.63	293.27	439.90	0.00	146.63
Total de costos variable (C\$/ha)	298.42	630.74	806.78	1058.75	342.33	711.00
Beneficios netos (C\$/ha)	565.34	641.24	573.66	710.19	446.50	620.14

Tabla 13. (Continuación) Presupuesto parcial de los tratamientos densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el cultivo del ajonjolí. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Componentes del Presupuesto parcial	Tratamientos					
	a ₂ b ₂	a ₂ b ₃	a ₃ b ₀	a ₃ b ₁	a ₃ b ₂	a ₃ b ₃
Rendimiento kg/ha	1195.00	853.00	400.00	754.00	1193.00	733.00
Ajuste (10 %)	119.50	85.30	40.00	75.40	119.30	73.30
Rendimiento ajustado (kg/ha)	1075.50	767.70	360.00	678.60	1073.70	659.70
Beneficio Bruto de campo (C\$/ha)	2356.61	1682.17	788.82	1486.93	2352.67	1445.52
Costo de Transporte (C\$/ha)	338.42	241.57	113.28	213.53	337.85	207.58
Costo de cosecha (C\$/ha)	300.54	214.53	100.60	189.63	300.04	184.35
Costo de mano de obra (C\$/ha)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
Costo del semilla (C\$/ha)	128.45	128.45	192.67	192.67	192.67	192.67
Costo del Nitrógeno (C\$/ha)	293.27	439.90	0.00	146.63	293.27	439.90
Total de costos variable (C\$/ha)	1135.68	1099.45	481.55	817.47	1198.83	1099.51
Beneficios netos (C\$/ha)	1220.93	582.72	307.27	669.46	1153.83	346.01

3.3.2. Análisis de dominancia

Con el fin de eliminar aquellos tratamientos que tengan beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos (tratamiento dominado), se realizó el análisis de dominancia a los tratamientos en estudio. En la Tabla 14, se muestra el análisis de dominancia a los tratamientos estudiados, y solamente resultaron no dominados las combinaciones a_1b_0 , a_1b_1 , a_3b_1 , a_1b_3 y a_2b_2 .

Tabla 14. Análisis de dominancia de los tratamientos densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el cultivo del ajonjolí. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Tratamientos	Costos Variables (C\$ / ha)	Beneficios Netos (C\$ / ha)	Tratamiento Dominado (D)
a_1b_0	298.42	565.34	
a_2b_0	342.33	446.50	D
a_3b_0	481.55	307.27	D
a_1b_1	630.74	641.24	
a_2b_1	800.00	620.14	D
a_1b_2	806.78	573.66	D
a_3b_1	817.47	669.46	
a_1b_3	1058.75	710.19	
a_2b_3	1099.45	582.72	D
a_3b_3	1099.51	346.01	D
a_2b_2	1135.68	1220.93	
a_3b_2	1198.83	1153.83	D

3.3.3. Análisis marginal

En el análisis marginal, se calculó la tasa de retorno marginal entre los tratamientos no dominados. Para efecto de análisis, se comparó la tasa de retorno obtenida por los tratamientos no dominados, con la tasa de retorno mínima aceptable para el agricultor. Para este estudio, las tasa de retorno mínima aceptable fue del 150 por ciento (CIMMYT, 1988).

En la Tabla 15 se presentan los resultados del análisis marginal de los tratamientos que muestran el beneficio que se obtiene cuando se pasa de un tratamiento a otro. La mayor tasa de retorno marginal se obtuvo al pasar del tratamiento a_1b_3 al a_2b_2 , con una tasa de retorno marginal de 663.90 por ciento, (muy por encima de la tasa de retorno mínima aceptable para este estudio). Esto significa que por cada córdoba invertido en la aplicación del tratamiento a_2b_2 se obtienen 6.64 córdobas de ganancia, además del córdoba invertido.

Tabla 15. Análisis marginal de los tratamientos densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el cultivo del ajonjolí. CEO, Posoltega, Chinandega, 2002.

Tratamiento	Costos que varían (C\$/ha)	Costos marginales (C\$/ha)	Beneficios netos (\$/ha)	Beneficios netos marginales (\$/ha)	Tasa de retorno marginal (%)
a_1b_0	298.42		565.34		
a_1b_1	630.74	332.32	641.24	75.90	22.84
a_3b_1	817.47	186.73	669.46	28.22	15.11
a_1b_3	1058.75	241.28	710.19	40.72	16.88
a_2b_2	1135.68	76.93	1220.93	510.74	663.90

IV. CONCLUSIONES

- Las variables altura de planta y número de cápsulas por planta presentaron efecto significativo para el Factor A (Densidades de siembra), Factor B (Dosis de nitrógeno) y la interacción de ambos factores a los 48, 58 y 78 dds.
- Los resultados obtenidos para el número de ramas por planta y la altura de la primera cápsula resultaron no significativa antes efecto de los niveles del Factor A, Factor B y la interacción Densidad y dosis de nitrógeno a los 48, 58 y 78 dds.
- De los componentes del rendimiento de grano, solamente el número de semillas por cápsulas peso de mil semilla resulto no significativo para los factores en estudio y su interacción.
- Para el rendimiento de grano, el nivel a_3 (142,328 plantas / ha) del Factor A, el nivel b_2 (59.24 kg de N /ha) del Factor B y las interacciones a_3b_2 y a_2b_2 indujeron obtener los mayores rendimiento de grano.
- Cuando se aplicó la densidad de siembra de 120,979 plantas / ha y se aplicó 59.24 kg/ha de nitrógeno (a_2b_2) se obtuvo el tratamiento mas rentable económicamente, con una tasa de retorno marginal del 663.90 %.

V. RECOMENDACIONES

- Para las condiciones en que se llevo a cabo este experimento, se recomienda utilizar el tratamiento a_2b_2 (densidad de siembra de 120,979 plantas / ha y aplicar 59.24 kg/ha de nitrógeno), ya que fue el que presentó la mayor tasa de retorno marginal en el análisis económico.
- Repetir este ensayo en otras localidades para confirmar o negar los resultados obtenidos en este trabajo.

V. LITERATURA CITADA

- Alvarado, D., N., 1999. Transformación de tres componentes del sistema tradicional del cultivo del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) variedad Mejicana, hacia una producción sostenible. JUDC. Facultad de Agronomía. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. Managua, Nicaragua.
- Ávila, S. Hernández, S. & Acevedo, T. 1991. Efecto de la distancia de siembra entre hileras sobre el comportamiento de cuatro variedades de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). *Agronomía Tropical*. 42 (5-6): 307-320 p.
- Barahona, O., W., & Gago, H., F., 1996. Evaluación de diferentes prácticas culturales en Soya (*Glycine max* L. Merr) y Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) y su efecto sobre la cenosis de las malezas. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua, 69 pp.
- Blanco, W., & Mairena, M., 1993. Estudio del efecto de diferentes niveles y fraccionamiento del nitrógeno sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) var. Turen y comparación de costos de tratamientos. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua, 50 pp.
- Bonsu, K. O. 1977. The effect of spacing and fertilizer application on the growth and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L). *Acta Horticulturae*. Cocoa Res. Int. Tafo Ghwana. 53 p.
- Centeno, R. A. J. 1994. Efecto de rotación de cultivos y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de soya (*Glycine max* L.) c.v. Cristalina y ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) c.v. China Roja. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua, 55 p.

- Cuadra, R. M. 1988. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamiento y población sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) Var. NB-6. Tesis Ing. Agrónomo. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA). Managua, Nicaragua. 67 p.
- CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, D. F. 79 pp.
- CRAT, 1976. Centro Regional de Ayuda Técnica. Guía para cultivos en los trópicos y subtropicos. 1ra. Edición en Español. 128 pp.
- Delgado, M. & Yermanos, D. M. 1975. Yield components of sesame (*Sesamum indicum* L) under different population densities. Economic Botany. January-March. Venezuela, 78 pp.
- Flores, M., C., & García, G., K. 1998. Efecto de diferentes niveles y fraccionamientos de nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del ajonjolí (*Sesamum indicum* L) variedad Mejicana y análisis económico de los tratamientos. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua. 45 pp.
- Fonseca, A., 1996. Perfil de Exportación del Cultivo del Ajonjolí (*Sesamum indicum* L). For Export. Revista del Exportador. APENN. 36 pp.
- González, H. & Bervis, L. 1993. Efecto de diferentes niveles y formas de aplicación del nitrógeno en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L) en labranza cero y condiciones de riego. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua, 30 pp.
- Goldsworthy, P., R., & Fischer, N., M., 1984. The Physiology of Tropical Field Crops. John y Sons LTD. 213-243 pp.

- Holdridge, L., 1982. Ecología basada en zonas de vidas, II CA. San Jose, Costa Rica. 216 pp.
- López, B. L. 1990. Maíz en Cereales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 391 p.
- MAG, 1971. Manual Práctico para interpretación de Suelos. Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Managua, Nic. 39 pp.
- MAG, 1999. Agricultura y Desarrollo. Managua, Nicaragua. 56 pp.
- Malespín, & Castillo, 1993. Ensayo de rotación de cultivos y métodos de control de malezas sobre la cenosis de malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento en los cultivos de soya (*Glycine max* L) y ajonjolí (*Sesamun indicum* L). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua. 75 pp.
- PAAT. 1992. Guía Técnica de Manejo Integrado del Cultivo del ajonjolí. Convenio MAG-GTZ. Managua, Nicaragua. 35 p.
- Olivas, G., J., & Murguía, M., F., 2000. Estudio del efecto de diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí (*Sesamun indicum* l.) variedad Cuyumaqui. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua. 55 pp.
- Ochoa, V. L. & Meza, J., E., 2000. Efecto de diferentes niveles y fraccionamiento de nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de ajonjolí (*Sesamun indicum* l.) variedad Cuyumaqui. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua, 55 pp.
- Quilantan, V., L., 1993. Logros y aportaciones de las investigaciones agrícolas en los cultivos oleaginosos. S.A.R.H. México, D.F. 10 pp.

- Robles, S., R., 1985. Producción de granos básicos, granos forrajeros y ajonjolí. Editorial Limusa, México D. F. 164 pp.
- Sánchez, R., R., 1981. Producción de Oleaginosas y Textiles. 2da. Edición. Editorial Limusa S.A. México. 250 pp.
- Toruño, M., V., 1987. Comparación de ocho variedades de Ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) sobre su crecimiento, desarrollo y rendimiento. Centro Experimental del Algodón (CEA). Posoltega, León. 50 pp.
- Uriarte, E., A., & Tapia, O., H., 1997. Estudio del efecto de diferentes densidades de sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) var. Mejicana Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua, 50 pp.
- Yagodin, B., A.; Smirnov, J., & Burgski, P., 1982. Agroquímica. Tomo I. Editorial MIR, Moscú. 260 pp.
- Zapata, M. & Orozco, H. 1991. Evaluación de diferentes métodos de control de malezas y distancias de siembra sobre la cenosis de malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) variedad Revolución 81 ciclo de postrera. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria, FAGRO-E.P.V. Managua, Nicaragua, 72 pp.