

CREDITOS**AUTORES****LEONARDO REY BOLTIVAR**

Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Fitomejoramiento

EDUARDO BARRAGAN QUIJANO

Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Fisiología

PEDRO PABLO HERRERA VIVAS

Edafólogo, Especialista en suelos

ELY ECHEVERRY NAVARRO

Ingeniero Agrónomo

ALVARO HENAO MEJIA

Ingeniero Agrónomo

MARIA DENIS LOZANO TOVAR

Ingeniera Agrónoma

LUIS EDUARDO GOMEZ CAICEDO

Ingeniero Agrónomo M.Sc. Fitopatología

ROBERTO SIMMODS MORALES

Ingeniero Agrónomo M.Sc. Fisiología

HEBER LUIS VARGAS BONILLA

Ingeniero Agrónomo

NORA SANCHEZ SANTANA

Ingeniera de alimentos

TOMAS NORATO FORERO

Ingeniero Agrónomo

Coordinador Regional de Transferencia de Tecnología

EDITOR**CENTRO DE INVESTIGACION NATAJIMA, EL ESPINAL, TOLIMA**Kilómetro 10 vía Espinal - Ibagué
Corpoica, Regional 6

Correo Electrónico: corpoica @bunde.tolinet.com.co

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación fue posible gracias a los recursos aportados al Fondo para el Fomento de las Oleaginosas de Ciclo Corto del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, así como al apoyo a la investigación dados por las agroindustrias del aceite y descortezado de ajonjolí:

Coopaltol, Aceite Angelita S.A., Aceite Rendidor y Alimentos y Procesos.

Al Programa Nacional de Transferencia de Tecnología, PRONATTA.

A las Comunidades Indígenas del sur del Tolima.

A la Coordinación Regional de Transferencia de Tecnología de Corpoica Regional 6.

CONTENIDO**Página**

PRESENTACION	7
INTRODUCCION	9
CAPITULO 1 Recursos Genéticos y Fitomejoramiento	11
CAPITULO 2 Ecofisiología	47
CAPITULO 3 Manejo Integrado del Suelo, Sistemas de Preparación, Siembra y Cultivo	63
CAPITULO 4 Manejo Integrado de Plagas, Enfermedades y Malezas	101
CAPITULO 5 Sistemas de Producción	161
CAPITULO 6 Manejo de Poscosecha	183

PRESENTACION

Para CORPOICA es muy satisfactorio presentar este Manual a los productores y miembros de la Cadena de Oleaginosas de Ciclo Corto, que reúne la información técnica obtenida durante los últimos años de la investigación destinada a devolver competitividad al cultivo con base en innovación tecnológica, y así ofrecer alternativas para resolver los principales cuellos de botella del cultivo del ajonjolí. En efecto, durante los últimos tres años se buscó resolver los limitantes tecnológicos con nuevas variedades más rendidoras y tolerantes a plagas y enfermedades, con métodos modernos para el manejo sostenible del suelo basados en nuevos enfoques de tratamientos de siembra, con el manejo integrado de plagas y recursos prácticos de poscosecha, con el uso de equipos para mejorar la eficiencia de la recolección de las semillas y la disminución de los costos de producción.

Estos resultados, producto de tareas emprendidas por CORPOICA en convenio con el Ministerio de Agricultura, buscan darle mayor competitividad y sostenibilidad al cultivo, de tal forma que los retos impuestos a la agricultura por el proceso de apertura e internacionalización de la economía puedan ser superados, permitiendo la participación del ajonjolí en los mercados y su permanencia en ellos.

Dentro de los compromisos del gobierno para devolver la competitividad al campo, CORPOICA busca generar cambios tecnológicos en diversos cultivos, especialmente en los que integran las oleaginosas de ciclo corto, como la soya, el algodón y el ajonjolí. Este Plan de Choque seleccionó

zonas con ventajas comparativas como el Cesar y el Tolima, para reactivar áreas con la focalización en los temas prioritarios de mejoramiento genético y germoplasma, manejo integrado de plagas, suelos y aguas, maquinaria agrícola y mecanización. Además de su importancia como cultivo, el ajonjolí es parte de sistemas de producción como componente de rotación con el maíz y el algodón, potenciando y generando sinergias que se extiendan y mejoren los desarrollos de productos comerciales para gran parte de nuestras regiones cálidas y secas, donde en muchos casos, por su marginalidad, es uno de los pocos cultivos que puede sembrarse con éxito, especialmente si se considera que es un cultivo de pequeño productor.

Obviamente, estos sistemas requieren que el pequeño productor junto con el uso de tecnologías apropiadas y eficientes introduzca nuevos factores como las asociaciones y formas empresariales que permitan generar escalas y posibilidades de competir más eficientemente, reduciendo costos de producción y teniendo un manejo de mercado más concreto.

Esperamos que este Manual brinde a los interesados recomendaciones y enfoques de utilidad que permitan continuar el posicionamiento de un cultivo que, por sus características, contribuye en términos de empleo y valor agregado como bienestar y aporte al proceso de la paz, más ahora cuando el campo vivencia situaciones tan difíciles.

Juan Jaramillo Vásquez
Subdirector de Investigación
en Sistemas de Producción

INTRODUCCION

El presente documento describe el cultivo de ajonjolí en forma integral desde la producción hasta las agroindustrias del aceite y del descortezado, reflejando en forma clara y articulada la cadena productiva con base en el cultivo del ajonjolí.

El primer eslabón de la cadena productiva es el de la producción del cultivo del ajonjolí y se desarrolla de acuerdo con los componentes tecnológicos que constituyen el cultivo y que definen las líneas de investigación y transferencia de tecnología que la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, ha venido desarrollando en el Centro de Investigación Nataima, con la participación de las diferentes entidades y actores de la cadena productiva, como las Agroindustrias de aceite y descortezado del ajonjolí, del Fondo para el Fomento de las Oleaginosas de ciclo corto- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- y del Programa Nacional de Transferencia de Tecnología, Pronatta.

Se definen cinco componentes tecnológicos, que explican claramente el desarrollo de la investigación, dirigido a solucionar las limitantes más relevantes en cada uno de ellos, por ejemplo en el componente de Recursos Genéticos y Fitomejoramiento, en el cual se hace énfasis en la variabilidad genética disponible del ajonjolí, en su uso para la obtención de nuevas variedades con tolerancia o resistencia al enrollador del ajonjolí (*Antigastra catalaunalis* D.) y a la marchitez (*Macrophomina phaseolina*), variedades con alta calidad de la semilla principalmente en los contenidos de aceite y antioxidantes, así como el color y el tamaño de la semilla.

El segundo componente tecnológico, explica la Ecofisiología del ajonjolí dándole importancia a la descripción fenológica, la tipología de las variedades y en el desarrollo y crecimiento de los cultivares de ajonjolí.

El tercer componente tecnológico, explica el Manejo Integrado de Suelo y Agua, enfatizando en los sistemas de labranza mínima y en la siembra directa, así como en el control de malezas en preemergencia y postemergencia, en los requerimientos de nutrientes y en la fertilización mineral y de abonos verdes, así como en los sistemas rotacionales.

El cuarto componente tecnológico explica el Manejo Integrado de Plagas, el cual comprende los insectos plagas, las

enfermedades y las malezas más comunes en el cultivo.

El quinto componente tecnológico explica el Manejo Integrado del Cultivo, en el cual se resume la combinación de los cuatro componentes ya mencionados. También se hace una introducción a los diferentes sistemas de cosecha mecánica

Por último se dedica un capítulo al Manejo de Poscosecha del ajonjolí desde el corte hasta los procesamientos para la obtención de aceite, torta de ajonjolí y semilla descortezada, dirigida a la confitería. También se presentan las características relevantes de las semillas en cuanto a contenidos de aceite, proteínas y minerales.

Leonardo Rey Bolívar I.A. MSc.
Líder Proyecto Oleaginosas de Ciclo Corto
C.I. Nataima, Regional Seis CORPOICA.



leonardo rey bolívar
**RECURSOS GENÉTICOS
Y FITOMEJORAMIENTO**

Generalidades

El probable ancestro del ajonjolí se conoce en la India con el nombre de Gingelly de Malabar, descrita como *Sesamum orientale* var *Malabaricum* Nar (11).

Existen evidencias botánicas y escritas sobre la utilización del ajonjolí, 3.500 a.C., a raíz de excavaciones realizadas en la civilización indú de Harappa; los diccionarios sirios y otros escritos cuneiformes, referían al ajonjolí como segis-i. Según Heródoto, siglo V a.C., el aceite de ajonjolí fue el único utilizado en Babilonia. En Mesopotamia el ajonjolí hacía parte de un sistema de cultivos rotacionales con la cebada que se sembraba en primavera y el ajonjolí en verano. (5).

En Nuba, montañas de la isla de Suda, se encuentra un alto nivel de variación dentro de los cultivares sembrados, lo cual hace pensar que este sea el centro de origen del ajonjolí (5).

Los ancestros silvestres del ajonjolí cultivado se encuentran en Asia y Africa, por lo cual muchos autores sugieren estos dos sitios como centros de origen (15).

El ajonjolí contiene los antioxidantes sesamina y sesamolina, que dan una alta calidad a su aceite; todos los ajonjolí cultivados los contienen en cantidades diferentes, pero varía en mayor forma en otras especies de *Sesamum* y en otros géneros de la familia Pedaliaceae a la cual pertenece el ajonjolí y están ausentes en las especies *S. olatum* y *S. Eapense* así como en *S. radiatum*; estas evidencias fueron utilizadas para corregir morfotipos inusuales en los bancos de germoplasma de ajonjolí. El ancestro del ajonjolí cultivado *S. orientale* var. *Malabaricum* contiene estos antioxidantes. Los análisis numéricos confirman la similaridad entre las especies silvestres de la India y los cultivares sembrados en la actualidad. En cruces recíprocos con cultivares de ajonjolí todos fueron fértiles usando var. *Malabaricum*, y su número cromosómico $n = 26$ es el mismo de los cultivares sembrados de ajonjolí; lo mismo ocurrió en la especie *latifolium*, que se encuentra en el este africano y está ampliamente distribuido en Sudán, con número cromosómico $n = 32$; las semillas de *S. latifolium* no presentan sesamolina. (5).

Mazzani (1984), resumiendo de investigaciones propias y de otros autores, señala a Etiopia como centro básico de origen del ajonjolí, en Asia Central (Punjab, Cachemira, Afganistán), y como centro secundario, a Asia menor, Irán, Turkmenistán, donde se encuentran las subespecies *bicaperlatum*, que constituyen un grupo geográfico separado, a Indostán

incluyendo Birmania y Assam, como centro básico de origen y de las variedades cultivadas y a China como centro secundario.

El ajonjolí pertenece a la familia de las Pedaliaceas que contiene cerca de 60 especies en 16 géneros de los cuales cerca de 38 especies son del género *Sesamum*, distribuidas en Africa Tropical Oeste (Guinea), Este del Africa (Congo, Angola), sur del Africa, diez en la India y Srilanka, cinco en el este de la India y cada una de las siete restantes en un país diferente. Pocas especies se encuentran en más de una región; dos especies silvestres *S. Capense* y *S. Schenckii* se encuentran en las tres regiones mayores de distribución, incluido el este de la India, con un número cromosómico similar al de las especies cultivadas $2n = 26$. Tabla 1.

Tabla 1. Especies de ajonjolí y distribución del género *Sesamum* y otros géneros relacionados.

Especie	Silvestre o cultivado	Número crom/nico	Autor	Distribución
1. <i>Especies silvestres</i> <i>S. alatum</i>	Silvestre	$2n = 26$	Kedamath (1950)	Africa (Nigeria, Mozambique)
2. <i>S. capense</i>	Silvestre	$2n = 26$	Kobayashi y Shimamura 1951	Sur de Africa, India y Australia
3. <i>S. Schenckii</i> (<i>S. grandifolium</i>)	Silvestre	$2n = 26$	Abraham (1945)	Sur Este de Africa Indis (Travancore) Australia
4. <i>S. malabaricum</i>	Parcialmente cultivado	$2n = 26$	John et al (1950)	India (Malabar)
5. <i>S. heudelotii</i>	Silvestre	No conocido		Africa (Baja Guinea)
6. <i>S. repens</i>	Silvestre	No conocido		Africa (Alta Guinea)
7. <i>S. pedabides</i>	Silvestre	No conocido		Africa (Angola)
8. <i>S. mombanense</i>	Silvestre	No conocido		Africa (Congo)
9. <i>S. anthrinoides</i>	Silvestre	No conocido		Africa (Angola)
10. <i>S. calycinum</i>	Silvestre	No conocido		Sur Africa (Angola y Mozambique)
11. <i>S. baumii</i>	Silvestre	No conocido		Africa (Angola)
12. <i>S. Marlothii</i>	Silvestre	No conocido		Sur oeste Africa, Este de India, Australia

Espece	Silvestre o cultivado	Número crom/ómico	Autor	Distribución
13. <i>S. Rigidum</i>	Silvestre	No conocido		Africa (Angola)
14. <i>S. Biapiculatum</i>	Silvestre	No conocido		Africa (Congo)
15. <i>S. Caillei</i>	Silvestre	No conocido		Nueva Guinea
16. <i>S. Ligilaboides</i>	Silvestre	No conocido		Africa
17. <i>Dentari</i>	Silvestre	No conocido		Africa
18. <i>S. Auriculatum</i>	Parcialmente cultivada	2n = 32	Ramanujam (1941)	India (Madras)
19. <i>S. Laciniatum</i>	Silvestre	2n = 32	Ramanujam (1948)	India
20. <i>S. Angolense</i>	Silvestre	2n = 32	Kedamath (1950)	Africa (Angola)
21. <i>S. Angustifolium</i>	Parcialmente	2n = 32	Van Rheenen (1980)	Africa (Mozambique, Nigeria)
22. <i>S. Indicum</i>	Experimental	2n = 58	Ramanujam (1942) India	Anfidiploide S, orientale n = 13X S. Postratum (n=16)
23. <i>S. Radiatum</i>	Parcialmente cultivada	2n = 64	Johny Rao (1941)	Africa (baja Guinea) India Srilanka
24. <i>S. Occidentale</i>	Parcialmente cultivada	2n = 64	Sampath (1949)	Africa - India Sri lanka
25. <i>S. Schinzianum</i>	Parcialmente Cultivada	2n = 64	Kobayashi (1980)	Africa y Este de India
II. Especies cultivadas				
1. <i>S. Indicum</i> (s. Orientale)	Cultivada	2n = 26	Morinaga et al (1929) Nohara (1933)	Zonas tropicales y templadas
	Cultivada	2n = 56	Richaria, Parsai (1940) Kobayashi 1947 Mazzani (1957)	Autotetraploide India USA, Japón, Venezuela
III. Generos relacion.				
1. <i>Cerathoteca C. sesamoides</i>	Parcialmente Cultivada	2n = 32	Kedamath (1950)	Africa (Nigeria)
2. <i>Ibicella I. Lutea</i>	Parcialmente Cultivada	2n = 30	Martini (1939)	Argentina
3. <i>Martynia</i>	Parcialmente Cultivada	2n = 36	Srinirasan (1942)	Africa (Nigeria) América Tropical

El número cromosómico del ajonjolí cultivado (*Sesamum indicum* L.) ES $2n=26$, reportado por Moringa et al (1929) y cofinado por otros autores. Los trabajos citogenéticos sobre el ajonjolí indican que hay dos y tres números básicos ($X=8$ y 13). Tabla 2

Tabla 2. Número de cromosomas de trece especies de ajonjolí

Especie	Número cromosómico		
	2n	X	Nivel de ploïdia
<i>S. alatum</i> , <i>S. Capense</i> , <i>S. Schenkil</i> <i>S. malabaricum</i> , <i>S. Indicum</i>	26	13	2X
<i>S. postratum</i> , <i>S. Laciniatum</i> <i>S. angolense</i> , <i>S. Angustifolium</i>	32	8	4X
<i>S. indicatum</i>	58	8,13	4X
<i>S. rad iatum</i> , <i>S. Occidentale</i> <i>S. Schinzianum</i>	64	8	2X

Fuente: Kobayashi 1986

Es difícil estimar la producción mundial del Ajonjolí debido a la falta de datos estadísticos, a los sistemas productivos de pequeños agricultores en muchos países y al autoconsumo, principalmente en algunos países africanos y asiáticos; sin embargo se estima la producción en cerca de dos millones de toneladas, con una producción media mundial de 320 kg/ha.

Los principales países productores de ajonjolí en el mundo son La India, China, Birmania, Sudan; en Latinoamérica, México, Venezuela, Guatemala y Colombia. Tabla 3.

Tabla 3. Producción mundial de semilla de ajonjolí, producción por hectárea y área cosechada

País	Epoca de cosecha	Producción t(000)		Producción (t/ha)		Area ha(000)	
		80/81	84/85	80/81	84/85	80/81	84/85
Afganistán	Sep - Nov.	35	—	0.8	—	44	—
Burma	Agos- Oct	110	200	0.17	0.25	631	810
China	Ago - Oct	259	330	0.33	0.41	776	800
Colombia	Oct - Dic	21	15	0.50	0.57	38	27
Etiopía	Oct - Dic	38	35	0.58	0.58	845	820
Guatemala	Sep - Nov	11	—	0.79	—	14	—
México	Ag - Nov	176	65	0.62	0.46	282	140
India	Sep - Nov	446	600	0.23	0.27	2472	2200
Korea sur	Ago - Oct	12	40	0.24	0.59	49	68
Sudan	Oct - Dic	221	143	0.26	0.17	845	820
Venezuela	Nov - Feb	57	50	0.63	0.53	90	95
Otros		327	402	0.37	0.38	282	
Total mundial		1713	1.880	0.32	0.28	5861	6071

Fuente: Sumitomo Corporation 1985.

El comercio mundial a nivel de exportaciones está dominado por los países asiáticos y Africa. Los mayores exportadores a nivel americano son México, Guatemala y Venezuela. Tabla 4.

Tabla 4. Ajonjolí exportado e importado 84/85

EXPORTADO		IMPORTADO	
País/continente	Cantidad t (000)	País/continente	Cantidad t (000)
Sudan	50.0	Grecia	6.5
Africa	69.2	Italia	5.5
Guatemala	12.0	Alemania	5.2
Mexico	27.0	CEE	23.6
Colombia	0.3	Este Europa	24.6
América	49.9	Estados Unidos	35.0
China	72.0	Japón	73.0
India	17.0	Arabia Saudita	10.0
Thailandia	12.0	Taiwan	13.0
Asia	131.5		
Otros países	11.5	Otros	68.8
Total	263.3		265

Fuente: Sumitomo Corporation. 1995

La producción de ajonjolí en Colombia ha tenido varios períodos; en la década de los 60, sembraron más de 80.000 hectáreas y en la de los setenta se estabilizó alrededor de las 40.000 hectáreas, siendo los departamentos del Tolima, Cesar y Magdalena los principales productores. En la década de los ochenta el hectareaje varió de 9.000 ha/año hasta 29.300 ha/año y entrando en los años 90, se estabilizó en 15.000 ha/año. Tabla 5.

Tabla 5. Producción nacional, rendimiento por hectárea y área sembrada de ajonjolí en Colombia, período 1981 - 1990.

Año	Producción t (000)	Rendimiento t/ha	Área ha (000)
1981	11.6	0.60	19.4
1982	7.2	0.59	12.3
1983	4.9	0.54	9.0
1984	4.9	0.59	8.3
1985	15.6	0.57	27.4
1986	17.8	0.61	29.3
1987	10.9	0.57	19.0
1988	7.4	0.61	12.3
1989	8.9	0.63	14.3
1990	9.8	0.64	15.3

Fuente: Plan de Oleaginosas de Ciclo Corto. ICA. 1992

Actualmente en 1999, el cultivo del ajonjolí debe posicionarse en nichos específicos del mercado, pues su principal fin es el de proveer un aceite de excelente calidad a la industria de los fritos y confitería, así como el ajonjolí descortezado para panificación, galletería y exportación. Los requerimientos de las agroindustrias nacionales en estos dos aspectos es de 7000 toneladas de semilla/año, cantidad que equivale a un área aproximada de 14.000 hectáreas, existiendo un alto déficit, pues en el año 1998, se sembraron alrededor de 7.000 hectáreas.

Bancos de Germoplasma

Las colecciones indígenas o nativas sirven como materiales genéticos para el mejoramiento del cultivo del ajonjolí; de ahí que un primer paso, es la clasificación de la variabilidad genética presente en un banco de germoplasma, del tal forma que se puedan realizar agrupamientos de accesiones lo suficientemente disímiles que garanticen una contrastabilidad genética entre las agrupaciones y la selección adecuada de accesiones como progenitores, que se traduzcan en transgresiones genéticas significativas, con una amplia base genética en las progenies.

Las accesiones presentes se utilizan como fuentes genéticas en los programas de fitomejoramiento con una información clasificada y definida del banco de germoplasma; por ejemplo, accesiones con alta tolerancia a la sequía o a situaciones de alta precipitación pluvial, las fuentes por adaptación pueden ser identificadas, así como una combinación de ellas puede definir programas de resistencia a factores multiadversos bióticos y abióticos de acuerdo con patrones de razas geográficas y ecológicas de tal forma que los investigadores puedan combinarlas para obtener efectos heteróticos en: las producciones, contenido y calidad de aceite y proteína, resistencia a enfermedades. También este tipo de estudios pueden ser usadas como documentación de la dinámica de la diversidad genética. (5).

El Centro de Investigación Nataima de Corpoica cuenta con un banco de germoplasma de ajonjolí compuesto por 130 accesiones, 18 colecciones regionales, 110 introducciones de 25 países, y tres variedades obtenidas por el programa de mejoramiento genético en Colombia. Este Banco de Germoplasma se clasificó por medio de estudios de divergencia genética, para identificar la variabilidad genética existente y su clasificación y determinar cuales características relevantes explican esa clasificación. (16). Foto 1.

Las 130 accesiones se caracterizaron con base en 15 características morfoagronómicas, de las cuales once de tipo cuantitativo se utilizaron para el análisis de divergencia genética. Tabla 6.

Tabla 6. Características cuantitativas para la clasificación multivariada de las accesiones del banco del banco de germoplasma de ajonjolí. Nataima, 1994.

Característica	Descripción
ALTC (cm)	Altura al inicio de carga
ALTP (cm)	Altura de la planta
NCP	Número de cápsulas por planta
PSP (g)	Peso de las semillas por planta
DE (cm)	Distancia entre nudos
LC (mm)	Longitud de cápsulas
NSC	Número de semillas por cápsula
NR	Número de ramas
NCA	Número de cápsulas por axila
IF	Días al inicio de floración
PMIL	Peso

Fuente: Investigaciones en Ajonjolí Centro de Investigación Nataima. 1994

Por medio de análisis univariados se determinaron las amplitudes y el promedio de cada característica, evidenciando para las mismas, amplitudes notorias en la altura de la planta, altura en el inicio de la carga, número de ramas, peso de mil semillas. Tabla 7.

Tabla 7. Estadísticas univariadas para once variables de respuesta en 130 genotipos de ajonjolí. C.I. Nataima. 1994

Variables	Media	Desviación Standard	Mínimo	Máximo
Altura de carga	57.37	16.80	25.0	113.0
Altura planta	137.40	20.34	90.0	187.0
No. cápsulas	84.68	82.61	29.0	183.0
Peso semilla	9.01	3.87	3.0	13.8
Distancia entre nudos	25.13	3.71	16.0	44.0
Longitud cápsula	27.35	3.00	20.0	38.0
No. semillas por cápsula	190.50	52.60	29.0	418.0
Número ramas	2.49	1.20	0.0	6.0
Número cápsulas por axila	1.50	0.68	1.0	3.0
Floración	33.50	6.77	29.0	52.0
Peso 1000 granos	3.05	0.46	2.1	4.5

Se determinaron las correlaciones existentes entre las variables encontrándose correlaciones positivas entre la altura de planta, la altura al inicio de carga y el peso de semillas por planta y entre el número de cápsulas por planta, el número de ramas por planta y el peso de semillas por planta. Tabla 8.

Tabla 8. Matriz de correlación de once características de 130 genotipos de ajonjolí C.I. Nataima. 1994

	ALTC	ALTP	NCP	PSE	DE	LC	NSC	NR	NCA	IF	PMIL
ALTC	1.0										
ALTP	0.63	1.0									
NCP	-0.09	0.09	1.0								
PSE	0.2	0.4	-0.03	1.0							
DE	0.09	0.21	-0.18	0.2	1.0						
LC	0.13	0.10	-0.13	0.07	0.17	1.0					
NSC	0.11	0.04	0.01	0.14	-0.05	0.02	1.0				
NR	-0.06	0.01	0.23	0.24	0.22	0.16	-0.08	1.0			
NCA	-0.20	0.14	0.10	0.02	-0.04	0.018	0.016	-0.16	1.0		
IF	0.16	0.02	0.03	0.04	0.06	0.065	-0.01	-0.20	0.19	1.0	
PMIL	-0.10	0.11	0.013	0.36	0.10	0.077	-0.19	0.13	-0.15	-0.05	1.0

Al realizar los análisis multivariados, con base en el análisis de los componentes principales, se encontró que el 93.0% de la variabilidad total presente en el Banco de germoplasma se concentra en nueve componentes principales o grupos. Tabla 9.

Tabla 9. Componentes principales identificados para once características de ciento treinta genotipos de ajonjolí. C.I. Nataima. 1994.

Componentes principales	Valores Eigen	Diferencia	Proporción	Acumulado
PRIN 1	2.54	0.72	0.211	0.211
PRIN 2	1.81	0.49	0.151	0.363
PRIN 3	1.31	0.11	0.109	0.473
PRIN 4	1.20	0.17	0.100	0.573
PRIN 5	1.02	0.12	0.085	0.659
PRIN 6	0.90	0.07	0.075	0.734
PRIN 7	0.83	0.07	0.069	0.804
PRIN 8	0.75	0.06	0.063	0.867
PRIN 9	0.69	0.23	0.057	0.924
PRIN 10	0.45	0.19	0.037	0.962
PRIN 11	0.25	0.06	0.021	0.983
PRIN 12	0.19		0.016	1.000

Para determinar las características más importantes en cada grupo, se correlacionaron los componentes principales (vectores característicos) y las variables de respuesta, evidenciando que la altura de planta y el peso de semillas por planta, son constitutivos relevantes del primer componente o agrupación principal, explicando el 21 % de la variabilidad total. La altura al inicio de carga explica el segundo componente principal contribuyendo con un 15.2% de la variabilidad.

El número de cápsulas por axila y los días al inicio de la floración explican el tercer componente principal, que contribuye con el 11.0% de la variabilidad. El número de cápsulas por planta y la longitud de la cápsula definen el cuarto componente principal, contribuyendo con el 10.0% de la variabilidad genética disponible en el Banco de Germoplasma de ajonjolí.

Los componentes principales 5, 6 y 7 contribuyen con un 23% de la variabilidad genética y las características constitutivas principales son la distancia entre entrenudos, el número de semillas por cápsula y la longitud de cápsula respectivamente. El 80% de la variabilidad total existente en el banco de germoplasma de ajonjolí, está explicada por siete componentes principales. Tabla 10.

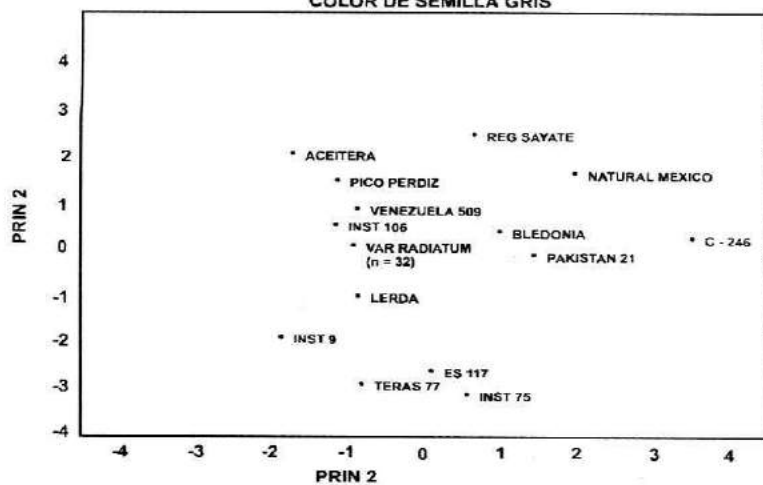
Tabla 10. Componentes principales y variabilidad genética para las características de estudio. Eigenectores. C.I. Nataima, 1994.

VARIABLES	PRIN 1	PRIN 2	PRIN 3	PRIN 4	PRIN 5	PRIN 6	PRIN 7
Altura carga	0.25	0.51	-0.57	0.29	0.002	0.36	-0.14
Altura planta	0.42	0.36	-0.11	0.19	0.034		
No. cápsulas/planta	-0.07	-0.29	-0.02	0.57	0.35	8.6	7.5
Peso semilla	0.52	-0.07	0.15	0.12	-	-0.27	-0.08
Peso semilla/planta	0.48	-0.23	0.26	0.10	0.40	-0.10	0.13
Distancia entre nudos	0.26	0.01	0.05	-0.40	-	-0.36	0.15
Longitud Cápsulas	0.03	0.34	0.17	-0.38	0.15	0.18	0.22
No. semilla/cápsulas	-0.11	0.24	-0.28	0.30	0.58	0.21	0.13
Número ramas	0.22	-0.38	-0.31	0.07	0.28	0.21	-0.35
No. cápsula/axila	-0.19	-0.03	0.57	0.17	0.008	-0.20	0.50
Floración	-0.02	0.20	0.57	0.23	0.51	0.71	-0.05
Peso 1000 g	0.28	-0.29	0.07	-0.20	0.18	0.004	-0.09
Eigenvalues					0.08	0.28	0.31
	21.18	15.13	10.9	10.0	-	-0.11	-0.60

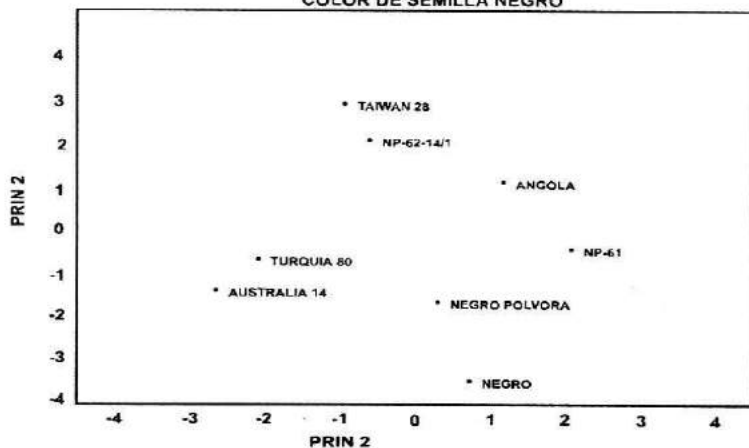
Debido al interés comercial y agroindustrial por el color de la semilla, se realizó un análisis de interacción entre los dos primeros componentes principales, para ubicar espacialmente las diferentes accesiones, con base en los diferentes colores de la corteza de la semilla de ajonjolí. La distribución de los genotipos en la interacción de los dos primeros componentes, permitió evidenciar la alta contrastabilidad genética para los colores de semilla negro y gris, mediana para el marrón y alto concentrada para el color blanco y crema. Figura 1.

Las clasificaciones permitieron evidenciar la cercanía genética entre las variedades y sus progenitores y concentrar las introducciones de los diferentes países en grupos, como el asiático (Corea, Filipinas, China, Rusia, Iran), Africa – Asiático (Mozambique, Pakistán, Afganistán) y el centroamericano.

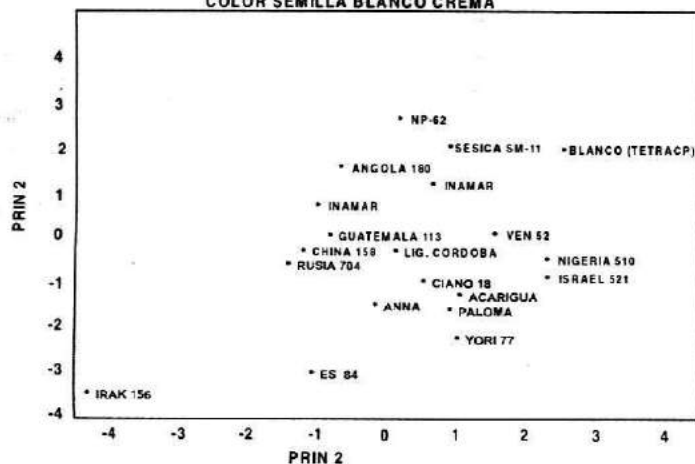
COLOR DE SEMILLA GRIS

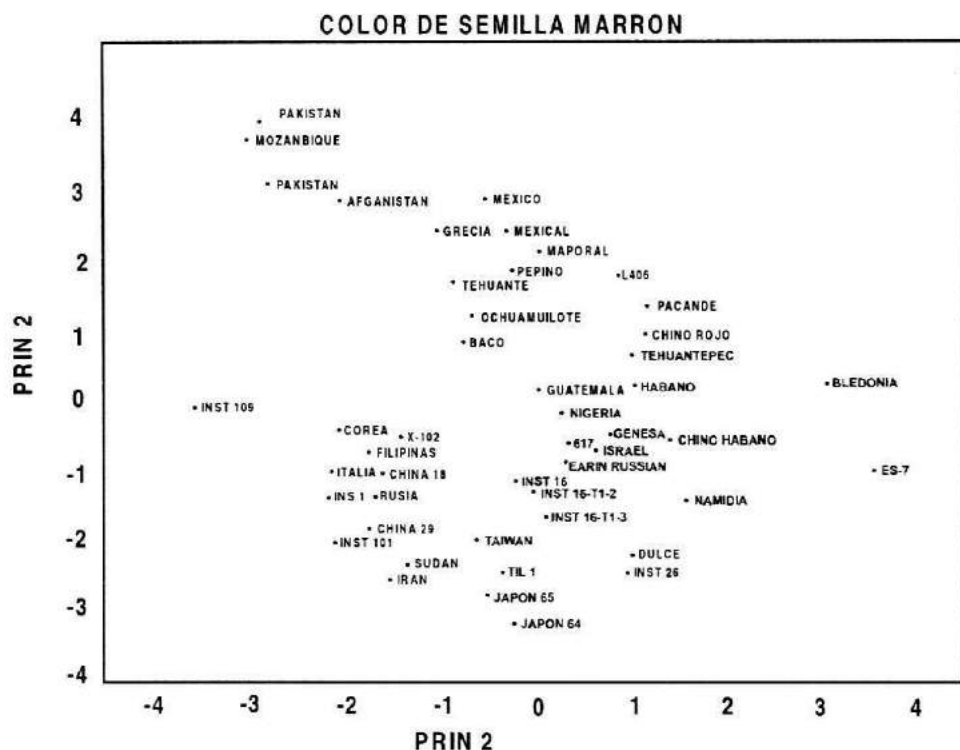


COLOR DE SEMILLA NEGRO



COLOR SEMILLA BLANCO CREMA





Naturaleza genética de las características en el ajonjolí

Los cultivares de ajonjolí (*Sesamun indicum* L.) ($2n = 26$) están distribuidas en un rango muy amplio de diferentes ambientes, entre los 45° latitud norte y 45° de latitud sur.

En el mundo se siembran cerca de tres mil variedades, adaptadas a condiciones locales, con características genéticas diferentes como sensibilidad al foto y termoperíodo, hábitos de crecimiento, número de cápsulas por axila, color de la corteza de la semilla, contenido de aceite, resistencia a enfermedades y sequía, entre otras.

El conocimiento de los patrones hereditarios de las características fisiológicas y morfológicas es muy importante para el mejoramiento genético del cultivo del ajonjolí, pues los incrementos en la producción, la calidad de la semilla y aceites, la habilidad de las variedades y de las líneas para producir dependen de las características genéticas de las mismas. Tabla 11.

Tabla 11. Caracteres genéticos dominante-recesivo en cultivares de Ajonjolí.

Caracter	Dominante	Recesivo	Observación
Tipo de planta	Muy ramificado	Sin ramificación	Tipo ramificado, crecimiento de los trópicos, correlacionado con hoja glabra, raíz fibrosa y cápsulas bicarpelares con tolerancia a sequía.
TALLO			
Hábito de crecimiento	Erecta	Postrada	O intermedia
Tamaño planta	Alta	Enana	Plantas enanas correlacionadas con precocidad a la maduración
Forma Color	Cuadrangular Púrpura	Globular Verde	O intermedia Está ligada con el color del peciolo, corola y corteza de la semilla.
Longitud internudos	Largos	Cortos	Controlado por poligenes
Pubescencia	Muy pubescente	Lisa	Pubescencia, ligado a resistente a áfidos y suelos húmedos
Fasciación	Normal	Fasciado	Ligado con cápsulas tetracarpelares.
RAÍZ			
Forma de la raíz	Fibroso o denso	Poco denso	Correlacionado con tolerancia a sequía
HOJAS			
Filotaxis	Alternada o espiral	Opuestas	
Forma	Dimorfica 3 a 5 div.	Lanceolada entera	Ajonjolí silvestres con mayores divisiones
Color	Púrpura	Verde oscuro	Verde oscuro presentan mayor densidad de cloroplastos
Color peciolo	Púrpura	Normal	Ligado con el color del tallo
Color a cosecha	Normal	Amarillo	Ligado con cápsulas amarillas a cosecha. Hojas gruesas ligado con color verde oscuro
Grosor o espesor	Normal	Espeso	
Pubescencia	Pubescente	Liso	
FLOR			
Forma	Simetría	Asimetría	
Color	Coloreada	Blanca	
Antocianina márgenes de la corola	Presente (Púrpura)	Ausente (verde)	Ligado con corola asimetría
Número de axilas	Uno	Tres	
Pistilo	Estigma partido en dos	Estigma en tres o cuatro	Ligado con el número de cápsulas por capsula
Pubescencia	Muy pubescente	Lisa	
Altura inicio de carga o primera flor	Alta	Baja	Alto correlacionado con tipos ramificados
CAPSULAS			
Forma	Larga angosta con pico	Corta ancha	
Número por axila	Uno	Tres	Correlacionada con No. de nectarios por axila

Número de carpelos	Dos	3-4	
Número de loculos	4	6 - 8	
Pedúnculo	Corto	Largo	
Color a cosecha	Verde	Amarillo	Ligado con el color de la hoja a la cosecha
Rigidez	Dura	Suave	
Pared de la cápsula	Dura y espesa	Delgada	Pared delgada se correlaciona con amarillamiento a cosecha
Angulo de inserción de 3 cápsulas por axila	Abierto	Agudo	
Dehiscencia	Dehiscentes	Servi o indehiscentes	Indehiscencia correlacionada con 3 o 4 carpelos
Placente	No sujeta	Sujeta	Las semillas se sujetan a la placente cuando las cápsulas se abren.

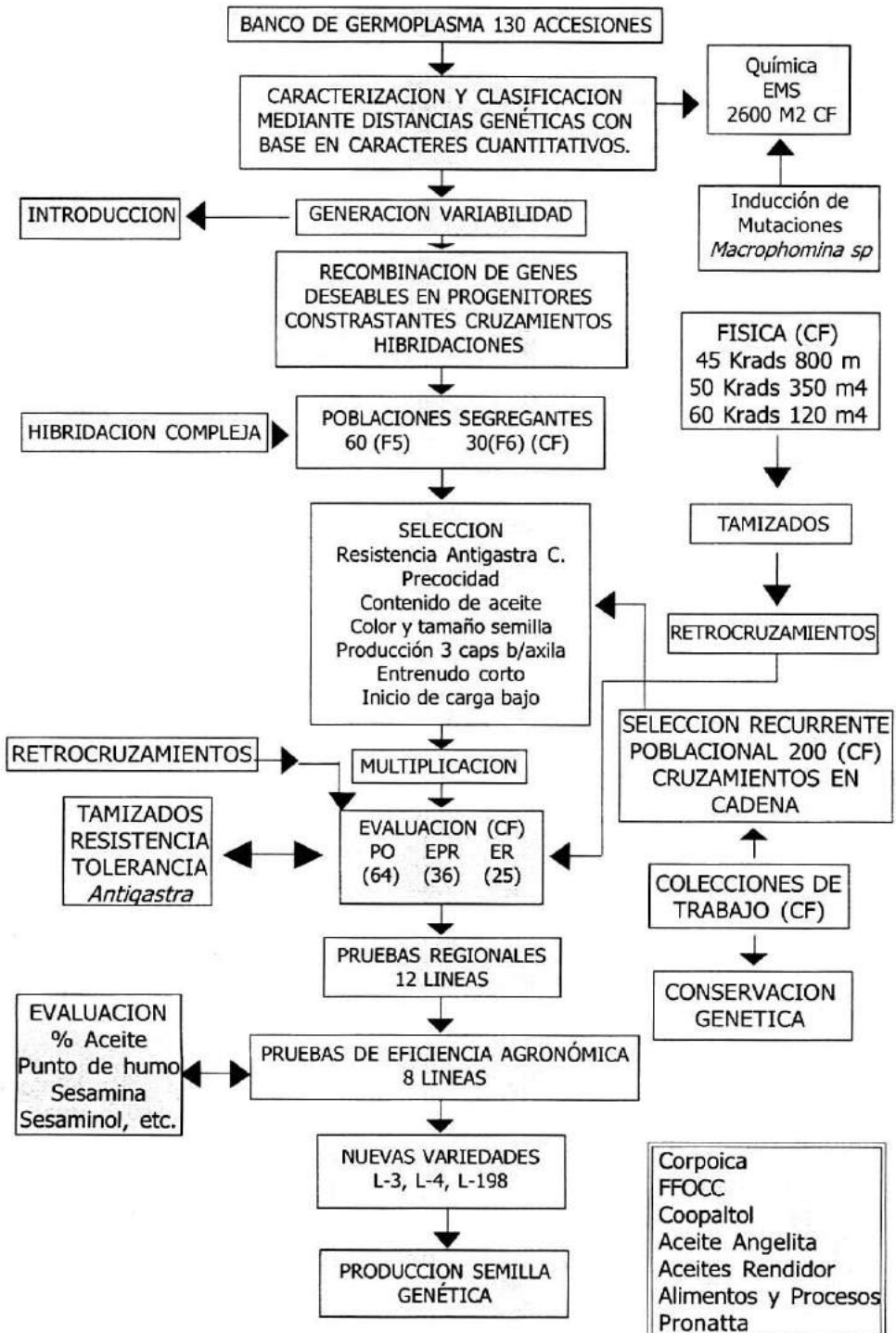
SEMILLAS			
Tamaño	Larga	Pequeña	
Forma	Oblonga	Ovalada	
Textura	Rugosa	Lisa	
Descortezado	Descorteza	No descorteza	
Grosor de la corteza	Gruesa	Delgada	
Fotoperíodo	Días largos	Días cortos	Plantas tropicales la mayoría son de días largos.
Maduración	Tardía	Temprana	Correlacionado con ramificación y altura de la planta.

Fuente: Kobayashi, 1986

Fitomejoramiento

En el Centro de Investigación Nataima de Corpoica, siguiendo un esquema integral de mejoramiento genético del ajonjolí, se busca modificar o alterar la herencia del ajonjolí para formar combinaciones deseables de genes o tipos mejorados agrónomicamente, mejor adaptados a ambientes específicos, con resistencia o tolerancia a factores bióticos o abióticos adversos, con mejores rendimientos que los cultivares comerciales y con los requerimientos de calidad de la agroindustria principalmente en el contenido y calidad de los aceites y proteína, tamaño y color de la semilla y ajonjolí descortezado. Fotos 2,3 y 4.

**FLUJOGRAMA PARA LA OBTENCION DE NUEVAS VARIETADES DE AJONJOLI
CORPOICA - C.I. NATAIMA 1997**



Las etapas del área de fitomejoramiento son:

1. Identificación de las características deseables del recurso genético disponible para la producción del ajonjolí dirigido a la agroindustria.
 - a. Caracterización morfoagronómica.
 - b. Clasificación multivariada.
 - c. Selección de genes deseables de los grupos clasificados que garanticen una alta contrastabilidad genética.
 - Tolerancia o resistencia al enrollador del ajonjolí, *Antigastra catalaunalis* D.
 - Resistencia a la marchitez, *Macrophomina phaseolina*
 - Resistencia a manchas foliares, *Cercospora Sesami*
 - Tolerancia al estrés hídrico por períodos prolongados de deficiencia hídrica.
 - Precocidad a madurez fisiológica en etapa vegetativa y reproductiva.
 - Mayor eficiencia fotosintética: Hojas lanceoladas
 - Contenidos y calidad de aceite y antioxidantes
 - Tamaño, color y facilidad al descortezado de la semilla.
 - Indehiscencia indirecta: Angulos agudos de inserción de la cápsula al tallo o rama.
2. Combinación de genes deseables y selección de segregantes.
 - a. Introducción
 - Selección masal
 - b. Hibridación
 - Selección masal, progenie o
 - Selección Individual y masal individual
3. Evaluación de líneas mejoradas en ambientes diversos tanto en los representativos como en los potenciales para la producción del ajonjolí.
 - a. Pruebas regionales o evaluaciones a nivel de finca
 - b. Ensayos de rendimiento multilocalizados
4. Otras oportunidades en el mejoramiento genético del ajonjolí
 - a. Incidencia de mutantes: Generación de variabilidad genética mediante tratamientos físicos (Radiaciones gamma), como químicos: (EMS) para:
 - Generar mutantes de ajonjolí: con resistencia a *Macrophomina phaseolina*
 - Altos contenidos de aceite
 - b. Retrocruzamientos
 - Transferir resistencias simples de *Macrophomina sp.* a cultivares y líneas promisorias
 - c. Producción de híbridos

La variabilidad genética del ajonjolí

Los caracteres cuantitativos son afectados por el medio ambiente con mayor intensidad que los cualitativos. El medio ambiente afecta de manera diferente los caracteres cuantitativos, siendo el rendimiento el más afectado.

Las diferencias debidas al ambiente enmascaran las diferencias genóticas; a mayor influencia del ambiente sobre un carácter, más difícil será hacer la selección entre genotipos para ese carácter; por el contrario; si el componente ambiental es pequeño, más eficiente y fácil será la selección entre genotipos para el carácter en cuestión.

La posición heredable del total de la variación fenotípica se llama heredabilidad, que, en otras palabras, es el grado en que el fenotipo refleja al genotipo para un carácter en particular en una población de plantas; lo más importante es la porción de la variación fenotípica observada de la planta y que es reflejada en la descendencia. (1).

La heredabilidad en el sentido más amplio (genotípica, porque incluye los diferentes tipos de acción génica) se define como la relación entre la varianza genotípica y la varianza observada en una población de plantas

$$H = \frac{s^2_g}{s^2_e + s^2} \times 100$$

La heredabilidad en el cultivo del ajonjolí, ampliamente estudiada por diversos investigadores, ha evidenciado rangos relativamente apreciables para los diferentes caracteres; se encontraron diversos rangos de heredabilidad en ambientes diversos para las mismas variables; los días a floración variaron entre 88% y 93%, los días a madurez fisiológica entre 95% y 97%, la altura de planta entre 22% y 63%, el número de cápsulas por planta entre 31% y 52% y la producción de semillas por planta entre 41% y 49%. (13).

La variabilidad fenotípica de 15 características en 42 variedades de ajonjolí fue estudiada en la India y hallándose diferencias altamente significativas entre las variedades para la mayoría de los caracteres estudiados exceptuando el contenido de aceite. Tabla 13.

La heredabilidad fue mayor del 90% para los días a floración y madurez fisiológicas, altura de planta e inicio de carga, longitud de la cápsula y el peso de mil semillas. Las características mencionadas incrementaron su media en

más del 50%; lo mismo sucedió para las características número de ramas por planta, número de cápsulas por planta, número de semillas por planta y semillas por planta, características que permiten realizar selecciones adecuadas de nuevos materiales con cierta garantía de éxito. (17). Tabla 14.

Tabla 13. Variabilidad fenotípica de 15 características en 42 variedades en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). India, 1988

Carácter	Rango	X	(DEI)	CV (%)	FV para Genotipo
Días a floración	27 - 78	48 ⁶	1.58	6.5	86.31**
Días a madurez	79 - 147	111.80	1.43	2.4	224.00 **
Altura de planta	40 - 133	83.10	5.58	13.4	23.09 **
Altura de carga	32 - 115	67.10	6.35	12.5	6.86 **
No. ramas	0 - 4.4	1.80	0.35	37.5	1.17 **
Longitud Cápsula	15 - 33	20.30	0.75	7.4	18.77 **
No. cápsula/planta	9 - 59. ²	31.70	4.50	28.3	1.67 **
No. semillas/cáps.	21 - 82	56.10	3.57	12.7	1.54 **
Peso semilla/cáps.	0.086 - 0.237	0.16	0.01	17.2	1.68 **
No. semillas/planta	568 - 3520	1808.00	365.00	33.8	1.69
Peso 1.000 semilla	2.16 - 4.10	2.94	0.13	8.5	14.63 **
Cont. Aceite	50 - 55	52.20	0.57	2.5	1.38 ns
Cont. Proteína	24 - 30	27.60	0.54	3.4	2.70 **
Prod /planta	0.09 - 8.80	4.16	0.66	31.6	4.63 **

Fuente: Singh, et al 1983

Tabla 14. Estimaciones de $s^2 G$, $s^2 F$, $s^2 A$, Heredabilidad y avance genético de 15 caracteres en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). India, 1988.

Carácter	Varianzas		Heredabilidad	Avance genético	AG como % Media
	Fenotípica	Genotípica			
Días a floración	215.500	212.800	98.8	29.90	61.5
Días a madurez fisiológica	460.000	458.000	99.5	44.00	39.3
Altura planta (cm)	718.000	687.000	95.7	52.80	61.7
Altura carga (cm)	438.000	425.500	97.0	41.90	90.8
Número de ramas	1.000	0.900	87.8	1.80	96.8
Longitud de cápsula (mm)	10.500	10.000	94.7	6.30	31.1
Número cápsulas/planta	135.000	114.800	85.0	20.30	64.1
Peso semilla/cápsula (g)	0.001	0.001	84.6	0.06	38.3
Número semilla/planta	544703.00	451556.000	82.9	1260.00	69.7
Peso 1000 sem (g)	0.230	0.210	93.2	0.92.00	31.2
Contenido aceite	0.440	0.120	27.3	0.20.00	0.4
Contenido proteína	0.790	0.500	63.2	0.58	5.0
Prod/planta (g)	2.010	1.570	78.4	2.29	54.6

AG : Avance genético

Fuente: Singh, et al 1983

Variedades mejoradas

Ica Pacandé

Adaptación de 0 a 700 msnm; plantas erectas, ramas secundarias, en número de cuatro a seis; altura promedio de planta a maduración 1,60 m e inicio de carga 0,50 m, tallo cuadrangular y entrenudos medianos. Hojas caducas, frutos medianos biloculares totalmente dehiscentes. Semillas de color marrón oscuro con contenido de aceite de 49%. Ciclo del cultivo de 100 días. Rendimiento comercial en semilla a una distancia de 0.6 m entre surcos (400 a 1.100 kg/ha) dependiendo de la localidad y de las técnicas de producción; tolerante a marchitez. Foto 5.

Ica Ambalá

Adaptación de 0 a 700 msnm; plantas erectas, ramas ausentes, un solo tallo, altura promedio de planta a maduración 1.80 m, altura inicio de carga 0,30 m; entrenudos cortos, hojas lobuladas en la base y lanceoladas en los dos últimos tercios; cápsulas largas y biloculares totalmente dehiscentes; ciclo del cultivo 110 días, rendimiento en semilla (500 a 1.200 kg/ha) a una distancia entre surcos de 0.5 m; tolerante a sequía y a la marchitez; 51% de aceite en la semilla. Foto 6.

Ica Matoso

Adaptación de 0 a 600 msnm; plantas erectas, ramas secundarias en número de cinco; inicio de carga 0.45 m, frutos medianos biloculares, dos frutos por axila dehiscentes, período vegetativo de 95 a 100 días. Rendimiento comercial en semilla (300 a 1.000 kg/ha), dependiendo del ambiente y las técnicas aplicadas. Presenta tolerancia a la marchitez.

Sesica M-11

Adaptación de 0 a 400 msnm; plantas erectas, ramas secundarias en número de cuatro, inicio de carga 0,40 m y entrenudos medianos, frutos medianos biloculares y dehiscentes. Semilla de color crema con un contenido de 50% de aceite, ciclo del cultivo de 85 a 90 días y tolerante a marchitez. Rendimiento comercial en semilla (400 a 1.200 kg/ha), dependiendo de la localidad y las técnicas aplicadas de explotación. Foto 7.

Chino Rojo

Tiene las mismas características morfológicas que la anterior pero con un 80 – 90% de susceptibilidad a la marchitez.

Pepino

Esta variedad posee una característica principal que la diferencia de las demás y es la de tener un tallo central y dos ramas laterales solamente; además la altura de planta es de 1,60 metros aproximadamente. El tipo de hoja, floración, cápsulas y ciclo del cultivo son similares a las anteriores. La semilla es de color café claro y la susceptibilidad a la marchitez es de más o menos 10%.

- Habano Con características similares a la ICA – Pacandé, se diferencia por ser un poco más baja 1,60 m con semilla de color habano.
- Pico de perdiz Variedad muy ramificada cuya característica principal, que la diferencia de las demás, es el largo ciclo del cultivo 125-130 días; además el color del follaje es verde claro (pálido). La semilla es de color café claro. Es moderadamente resistente a la marchitez.
- Aceitera Variedad no ramificada, follaje de color verde oscuro y pubescente; tiene tres cápsulas biloculares por axila, la mayoría de sus hojas son alargadas. Semilla blanca. El ciclo del cultivo dura alrededor de 90 días. La maduración es uniforme; es muy productiva pero muy susceptible a la marchitez.
- Pardo peluda Variedad ramificada y de follaje abundante, color verde oscuro y pubescente. La semilla es de color pardo, muy susceptible a la marchitez. Madura a los cuatro meses. En la Costa Atlántica predominan las variedades regionales: Tempranero, Negro pólvora, Pardo peludo y Becerril, cuyas características son muy parecidas a la Aceitera.

**Desarrollo
de variedades
mejoradas
de ajonjolí.**

El objetivo es ampliar la diversidad genética disponible y producir variedades superiores a las comerciales con un requerimiento mínimo de insumos.

En el período 1996 – 1998 se evaluaron 140 líneas de ajonjolí en ocho ensayos preliminares de rendimiento y en ensayos de rendimiento, seleccionándose 36 líneas avanzadas, de las cuales once se evaluaron en pruebas regionales en cinco ambientes.

A partir de irradiaciones con cobalto en 45 y 60 krads, en semillas de ICA Pacandé y Sesica SM –11 realizadas en 1993 en el Instituto de Asuntos Nucleares y evaluadas en el C.I. Nataima, a partir de la generación M1 se evaluaron 1140 mutantes M3 de ajonjolí provenientes de irradiaciones gamma (Cobalto) a 50 y 60 Krads de los genotipos Sesica SM11 e ICA Pacandé, de las cuales se han seleccionado tres líneas con resistencia a *Macrophomina phaseolina* que produce la enfermedad denominada marchitez del ajonjolí. Se evaluaron once líneas avanzadas en cinco ambientes representativos en la producción del cultivo del ajonjolí en el centro y sur del Tolima, en los municipios de Coyaima, Ortega, Natagaima, Guamo y El Espinal seleccionando ocho de ellas, que se evaluaron en pruebas de eficiencia agronómica ante el Instituto Colombiano Agropecuario.

En los ensayos de rendimiento se identificaron 30 materiales que superaron a los testigos ICA Pacandé e ICA Ambalá entre un 2% y 95%. Tabla 15.

Tabla 15. Separación de medias de líneas de ajonjolí evaluadas en 1996. C.I. Nataima

Líneas de ajonjolí	Rendimiento Kg/ha
A 55-3	924.7 a *
Ciclo F P10	747.6 ab
A 1183	680.8 abc
A 1554	654.0 abcd
A 851	649.0 abcde
Ena 841-3	640.0 abcde
A 1025	625.0 abcde
A 1490	623.0 abcd
A 505	619.0 abcd
P2 A 62	605.0 bcde
A 1451	594.0 bcde
A 325	585.0 bcde
A 568-1	584.0 bcde
A 1541	582.0 cde
A 1539	576.0 cde
A 551	569.0 cde
ICA Pacandé	474.0 cde
ICA Ambalá	471.0 cde

* Separación Tukey

Pruebas regionales

Se evaluaron a lo largo de cuatro semestres en cinco localidades, ocho líneas promisorias de ajonjolí en los municipios de El Espinal, Guamo, Coyaima, Natagaima y Ortega (Tolima), identificando seis líneas avanzadas que superaron a los testigos ICA Pacandé e ICA Ambalá, entre un 3% y 30% en rendimiento con diferencias significativas. La diferencia máxima ambiental fue de 641 kg/ha, identificado a los ambientes de Natagaima y Ortega como los que mejor desarrollaron el potencial biológico y de producción del ajonjolí, con diferencias altamente significativas con relación a los ambientes de Guamo y El Espinal a los cuales superó entre 37% y 90%; éstos

presentaron diferencias significativas con relación a Coyaima cuyo ambiente fue desfavorable y superado por los mejores ambientes en un 137% en producción. Tabla 16.

Tabla 16. Medias de producción de las líneas avanzadas de ajonjolí en cinco ambientes de producción durante cuatro semestres (kg/ha). C.I. Nataima. 1996

Líneas	Coyaima	El Espinal Nataima	Ortega	Natagaima	Guamo	Media Kg/ha
ICA Pacandé	358.00 *	749.00	835.00	1025.00	394.00	675.0
L 2	461.50	711.90	1181.40	1096.80	497.25	812.0
L 3	471.96	744.40	1326.70	861.40	742.20	885.0
L 4	359.23	762.20	1330.30	1015.25	586.25	858.2
L 9	453.19	644.65	999.83	874.75	526.05	719.0
L 21	370.76	753.13	937.95	995.30	576.20	714.0
L 198	441.54	643.25	957.23	963.30	362.80	698.0
ICA Ambalá	365.80	657.50	838.70	948.50	400.50	638.0
Media	410.25	708.3	1051	973	511	750 Kg/ha

Diferencia máxima ambiental: 641 kg/ha

Diferencia máxima genotípica: 247 kg/ha

Media ambiental y genotípica: 750 kg/ha

Se evidenció también que en el semestre A los genotipos expresan mejor su potencial biológico que en el semestre B, con una promedio de 382 kg/ha, altamente significativa. Tabla 17.

Pruebas de eficiencia agronómica

Se evaluaron ocho líneas promisorias de ajonjolí en pruebas de eficiencia agronómica ante el Instituto Colombiano Agropecuario desde 1997 A hasta 1998 A, de las cuales siete sobresalieron, tanto en la producción por hectárea, en el contenido y calidad de aceite y ácidos grasos así como por la tolerancia al enrollador, estas líneas son L2, L3, L4, L9, L21, L28 y L 198. Cuatro de ellas con destino a la agroindustria de los aceites y dos con doble propósito aceite e industrias de descortezado o confitería. Fotos 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

En el Tolima dos líneas presentan diferencias significativas en producción con relación al testigo ICA Pacandé superando la L 9 en 89% y la L4 en un 74%. Las seis líneas restantes

no presentaron diferencias significativas con relación al testigo comercial ICA Pacandé; sí lo superaron entre un 12% la línea 30 y 68% la línea 2. Tabla 18

Tabla 17. Rendimiento promedio de diez líneas promisorias de ajonjolí y tres testigos a través de cuatro semestres en cinco localidades productoras del sur del Tolima.

Genotipos	Semestres (kg/ha)				x Kg/ha
	95 A	95 B	96 A	96 B	
Sesica SM-11	753.00	443.00	793.80	611.60	650.35
L21	916.00	489.40	871.50	591.90	717.20
ICA Pacandé	962.50	495.60	771.70	537.30	691.78
L 841 - 3	885.50	50.34	644.70	478.89	628.12
L 841 - 5	720.10	472.00	671.60	435.10	574.73
L - 198	1088.50	475.80	723.20	496.20	695.93
L 2	1227.80	661.20	839.50	502.60	807.78
L 3	1529.00	703.20	743.30	566.70	885.50
L 4	1502.50	598.60	774.30	560.20	858.90
CÆP 10	1111.50	497.40	687.10	535.70	708.00
L 9	1069.83	566.60	748.80	494.10	719.80
ICA Ambalá	863.90	483.00	802.20	451.50	650.15
CÆA	-	413.60	751.60	518.20	561.13
MEDIA	1052.60	523.30	755.60	521.50	

C.I. Nataima años 1995 y 1996

Tabla 18. Separación de medias del rendimiento de líneas promisorias de Ajonjolí en pruebas de eficiencia agronómica en los departamentos del Tolima y Huila (kg/ha). Años 1997 y 1998.

Líneas	Tolima	Huila	Media (kg/ha)
ICA Pacandé	539 c	865 a	702
L-2	906 abc	994 a	950
L-3	886 abc	935 a	911
L-4	938 ab	1068 a	1003
L-9	1013 a	931 a	972
ICA Ambalá	552 c	1021 a	187
L-21	721 abc	948 a	834
L-28	657 abc	1159 a	908
L-30	607 bc	832 a	720
L - 198	721 bc	1019 a	870
Media	754	977	865

Los genotipos evaluados en el departamento del Huila no presentaron diferencias significativas en producción con relación al testigo comercial ICA Pacandé, que fue superado por siete de ellas, en un rango entre la línea 9 con un 7% la línea 28 con un 34%.

La media general de producción de los genotipos fue de 865 kg/ha incluidos los testigos y en forma general el ambiente del Huila superó al del Tolima con una diferencia en la expresión media de los genotipos en producción de 223 kg/ha como efecto ambiental. Tabla 19.

Tabla 19. Separación de medias de los componentes del rendimiento y tolerancia al enrollador de genotipos promisorios y testigos de ajonjolí en el departamento del Tolima, C.I. Nataima, 1996.

Genotipos	Variables de respuesta: Componentes del rendimiento								
	IC	AP	NR	CTP	CR	CT	PMS	CS	ILP
ICA Pacandé	100 a	190 abc	4.7 a	35 bc	45 b	80 b	3.35 bcd	Café	0.36 a
(T)	75 e	174 def	2.9 b	39 bc	39 b	78 b	3.08 d	Crema	0.12 b
L2	78 ed	176	2.8 b	46 b	36 b	82 b	3.10 d	Crema	0.075b
L3	72 ef	cdef	3.0 b	45 bc	38 b	83 b	3.14 d	Crema	0.1 b
L4	65 f	172 def	3.6 b	68 a	71 a	139 a	3.15 d	Crema	0.075b
L9	85 cd	163 f	0 c	80 a	0 c	80 b	3.31 bcd	Café	0.30 a
ICA Ambalá (T)	105 a	200 a	3.7	33 c	48 b	81 b	3.57 b	Café	0.175ab
L21	96 ab	198 ab	ab	37 bc	39 b	76 b	3.43 cd	Café	0.22ab
L28	97 ab	182 cde	3.5 b	43 bc	45 b	88 b	3.61 b	Café	0.1 b
L30	89 bc	186 bcd	3.1 b	31 c	36 b	67 b	3.69 a	blanca	0.075b
L198		167 ef	3.2 b						

PMS: Peso de mil semillas

IC: Inicio carga (cm)

CTP: Cápsulas tallo principal

ILP: Índice de larvas de enrollador por planta

AP: Altura planta (cm)

CR: Cápsulas en las ramas

NR: Número de ramas

CT: Cápsulas totales

Los componentes del rendimiento que más contribuyeron en la producción de los genotipos fueron altura al inicio de carga, número de ramas, altura de planta, cápsulas en el tallo principal y en las ramas y el peso de mil semillas todas con diferencias significativas entre los genotipos. Fotos 15, 16 y 17.

Existen diferencias significativas en la presencia poblacional del enrollador, entre seis genotipos promisorios y los testigos comerciales; la diferencia fue entre 2 y 3 veces más población; en los testigos comerciales ésta se determinó mediante el índice de larvas por planta.

Las líneas con mayor tolerancia al ataque y daño del enrollador *Antigastra catalaunalis* D. son las líneas 2, 3, 4, 9, 21, 30 y 198. Tabla 20.

Tabla 20. Separación de medias de los componentes del rendimiento y tolerancia al enrollador de genotipos promisorios y testigos de ajonjolí en el departamento del Huila, Neiva. C.I. Nataima, 1996.

Genotipos	IC	AP	NR	CTP	CR	C Totales	ILP
ICA P(T)	79 a	168 ab	2.5 a	50.5 bc	46.8 ab	97.3 ab	0.30 a
L 2	61 bcd	148 bc	2.5 a	49.3 bc	32.3 b	81.6 b	0.12 b
L 3	58 bc	150 bc	2.4 a	51.6 bc	40.3 ab	91.9 ab	0.07 b
L 4	58 bc	151 bc	2.5 a	53.6 bc	50.2 ab	103.8 ab	0.10 b
L 9	55 d	145 a	2.6 a	67.3 b	49.1 ab	116.4 a	0.07 b
ICA Amb (T)	56 d	176 a	0 a	88.7 a	0 c	88.7 ab	0.20 ab
L 21	71 a	169 ab	2.7 a	54.5 bc	49.7 ab	104.2ab	0.17 ab
L 28	79 abc	165 abc	2.8 a	53.8 bc	53.6 a	107.4 ab	0.22 ab
L 30	69 bac	162 abc	2.4 a	64.0 b	47.4 ab	111.4 ab	0.10 b
L 198	72 ab	151 bc	2.7 a	38.4 c	41.0 ab	79.4 b	0.07 b

IC: Inicio carga (cm)

AP: Altura planta (cm)

NR: Número de ramas

CTP: Cápsulas tallo principal

CR: Cápsulas en las ramas

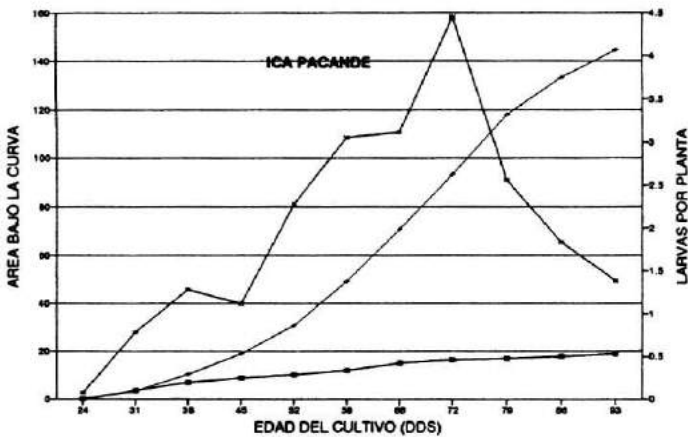
CT: Cápsulas totales

ILP: Índice de larvas de enrollador por planta

La tolerancia al enrollador se pudo evaluar al estructurar un ensayo en el cual se registró la población del enrollador cada siete días a lo largo del cultivo para las líneas promisorias, con control del enrollador y sin control, de tal manera que las diferencias menores entre estos tratamientos identificaron las líneas 3, 4 y 198 como tolerantes con relación a los testigos ICA Pacandé e ICA Ambalá.

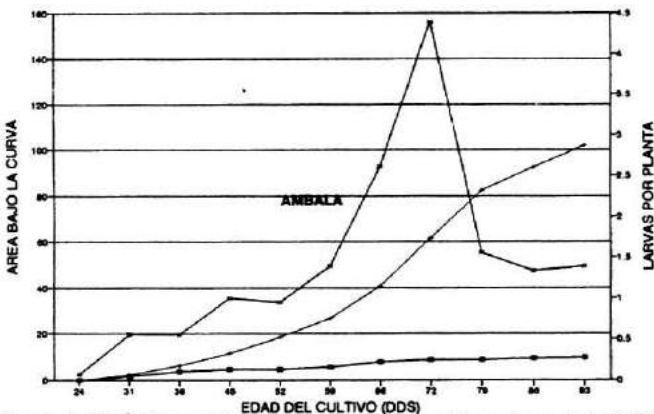
El beneficio de la resistencia se determinó al evaluar la presencia y daño de la plaga en los diferentes materiales genéticos, con control químico y sin control químico; la diferencia entre ambos indica el beneficio de la resistencia; un valor bajo indica mayor resistencia; fue así como las variedades comerciales ICA Ambalá e ICA Pacandé tuvieron valores altos entre 2,5 y 3,0 larvas/planta, comparado con las líneas mejoradas L-4, L-3, L-198, cuya diferencia entre

los tratamientos de control y sin control fue de 1.0 larva/planta, indicando que estas líneas mejoradas tienen mayor resistencia que las variedades comerciales en una relación de 1:3, es decir son tres veces más preferidas por el enrollador. En términos de la producción, la presencia de una larva por planta, como indicador de la presencia de plaga (10 plantas/10 larvas en 10 sitios por hectárea) reduce la producción en 114 kg/ha, lo que equivale en la variedad ICA Ambalá a una reducción en la producción de 319 kg/ha en la variedad ICA Pacandé con una presencia de 4,5 larvas/planta, equivale a una reducción en la producción de 513 kg/ha. Figuras 3 y 4.



—■— CON CONTROL —▲— SIN CONTROL —×— C. INFESTACION

Figura 3. Dinámica poblacional de *A. catalaunalis* en la variedad ICA



—■— CON CONTROL —▲— SIN CONTROL —×— C. INFESTACION

Figura 4. Dinámica poblacional de *A. catalaunalis* en la variedad ICA

En las líneas promisorias 3, 4, 9 y 198 la máxima infestación acumulada de larvas del enrollador fue 1,5 larvas/planta, lo que se traduciría en una reducción de 171 kg/ha. Figura 5.

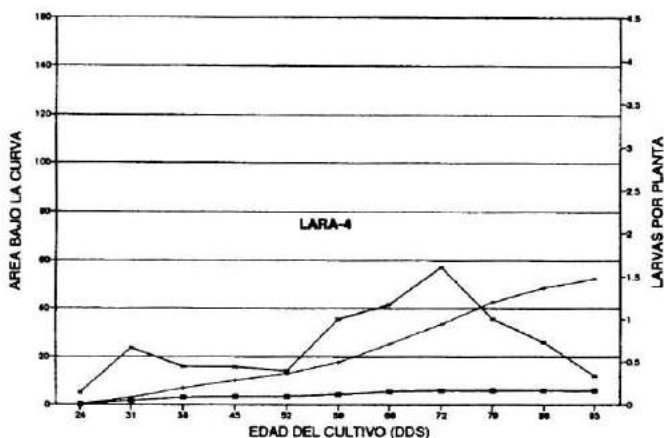


Figura 5. Dinámica poblacional de *A. catalaunalis* en la línea 4 de ajonjolí C.I. Nataima 1996

—■— CON CONTROL —▲— SIN CONTROL —×— C. INFESTACION

La variedad Sesica SM 11 al igual que las líneas 3, 4 y 198 presentaron una mayor seudotolerancia al enrollador principalmente por la forma lanceolada de las hojas y por su precocidad; el mecanismo seudotolerancia denominado antixenosis, las hojas lanceoladas dificultan el hábito del insecto para enrollarse las hojas y la precocidad produce un escape del material a la plaga. Figura 6

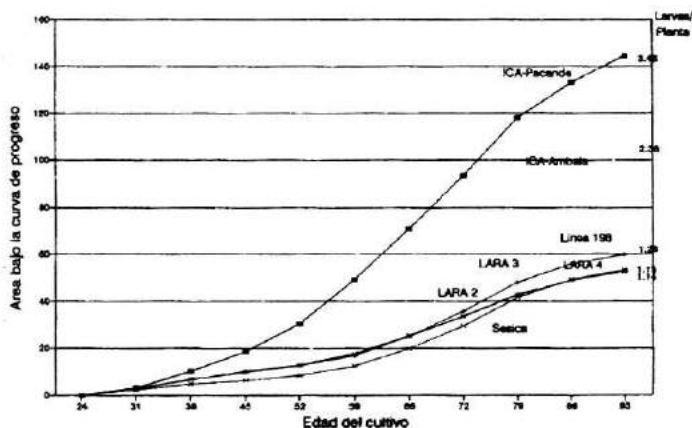


Figura 6 Poblacion de *Antigastra catalaunalis* en el cultivo del ajonjolí con tratamientos sin control. Corpoica C.I. Nataima . 1996.

Los contenidos de aceite se obtuvieron mediante el método de Soxhlet, y se encontró que la diferencia ambiental máxima fue de 2.76% y la diferencia máxima entre los genotipos fue de 2.88%. Todas las líneas promisorias superaron al testigo comercial ICA Pacandé en los contenidos de aceite total. El material que mayor porcentaje de aceite tuvo fue la línea 198 con 60.54% y el mejor ambiente fue Ortega con 60.15% , la mejor interacción fue Ortega y la línea 198 con 61.7% de aceite. Parece ser que las diferencias ambientales tienen que ver con los análisis de suelo. Tabla 21.

Diferencia ambiental máxima: 2.76%
 Diferencia genotípica máxima: 2.88 %
 Media ambiental y genotípica: 58.99%

Tabla 21. Contenidos porcentuales de aceite por genotipos y localidades en genotipos de ajonjolí.

	Nataima	Coyaima	Ortega	Guamo	Natagaima	Total
Sesica	58.3	57.0	60.4	61.5	59.5	59.34
L 21	56.0	56.6	61.6	61.3	60.2	59.14
ICA Pacandé	57.5	56.3	60.6	59.4	58.2	58.44
841-3*	56.0	57.1	61.2	59.2	58.6	58.42
841-5*	57.0	56.2	57.1	59.2	58.8	57.66
L 198	58.8	60.2	61.7	61.3	60.7	60.54
L 2	57.0	57.1	58.9	59.0	60.4	58.48
L 3	56.3	58.8	60.8	59.1	60.3	59.06
L 4	58.7	57.0	60.7	59.3	58.2	58.78
CÆP10	58.4	56.8	58.4	58.8	59.4	58.36
L 9	58.0	58.4	60.9	57.6	58.4	58.66
ICA Ambalá	58.1	56.9	61.2	59.1	61.0	59.26
CÆA	59.6	57.7	58.3	61.7	61.1	59.68
Total X	57.67	57.39	60.15	59.73	59.6	58.9

En cuanto a la calidad del aceite se midió por medio de cromatografía de gases, para obtener los perfiles de ácidos grasos. El testigo ICA Pacandé fue superado por cinco líneas promisorias en los contenidos de ácido oleico C 18:1, estos ácidos grasos son insaturados, dando mayor calidad al aceite. La agroindustria aceitera identificó la línea 21 como la de mejor calidad de aceite. Tabla 22.

Tabla 22. Resultados de los análisis cromatográficos. C.I. Nataima, 1996

Muestra	Concentración de ácidos grasos metil ésteres (%)						
	C16:0 Palmítico	C18:0 Estearico	C18:1 Oléico	C18:2 Linoléico	C20:0 Araquidico	C20:1 Eicosanoico	C22:0 Behénico
ICA Pacandé	9.2029	5.2551	39.5495	44.4954	0.6646	0.2224	0.6103
L 2	8.9768	5.1278	39.9902	44.3488	0.7776	0.2124	0.5664
L 3	8.6790	5.1709	38.4455	46.0899	0.7594	0.2794	0.5770
L 4	8.8303	4.9926	38.8611	45.9539	0.7600	0.2572	0.3751
L 9	90.823	5.3441	37.5475	46.6110	0.8169	0.2746	0.2945
ICA Ambalá	8.1519	4.5855	37.4460	48.8287	0.6835	0.2075	0.0969
L 21	9.3269	4.5690	42.6483	42.2078	0.6786	0.1843	0.3867
L 28	9.1875	4.9889	41.5792	42.7044	0.6117	0.1700	0.6652
L 30	7.7547	5.8570	40.6295	44.4500	0.7832	0.1175	0.5039
L 198	8.9788	4.9346	40.7495	43.9289	0.6609	0.1873	0.5641

Producción de semilla híbrida de ajonjolí

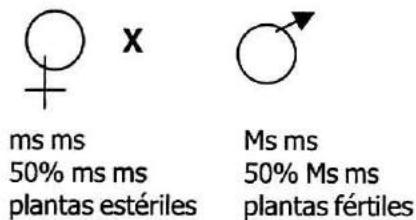
Una de las estrategias para incrementar la producción por unidad de área de los cultivares de ajonjolí está en la utilización del vigor híbrido o heterosis, el cual es alto para los componentes del rendimiento del ajonjolí, como altura de planta, número de ramas, longitud de cápsulas, número de cápsulas por planta y número de semillas por cápsula.

La generación de híbridos comerciales, requiere de un mecanismo genético, como el de la androesterilidad, que para el caso del ajonjolí es de tipo genética, controlada por un simple par de genes de naturaleza recesiva "Ms ms". (1)

Las plantas de ajonjolí que presentan androesterilidad genética se distinguen por presentar anteras que no producen polen y son como machos estériles, por lo cual no requieren ser emasculadas, es decir, no requieren que se les retiren las anteras para evitar la autofecundación natural de la planta.

Para conservar estas plantas androestériles, que pueden perderse con facilidad debido a que no se autofecundan, se deben cruzar con plantas androfértiles de constitución heterocigota Ms ms. (1).

El cruzamiento de una planta androesteril ms ms por una planta heterocigota androesteril Ms ms produce en la progenie la mitad de plantas androestériles y la otra mitad androfértiles:



Según Delgado 1895, en el año 1973 Montilla y colaboradores, descubrieron algunas plantas de ajonjolí androestériles produciendo el híbrido "Camoruco" utilizando abejas polinizadoras. Las evaluaciones de algunas combinaciones híbridas indican que existen diferencias altamente significativas para algunos componentes del rendimiento con relación al testigo o variedad, y también entre los híbridos, identificando que unas combinaciones son mejores que otras. Tabla 23.

Tabla 23. Valores heterocigos de cuatro híbridos de ajonjolí

Padre o híbrido	Longitud Carga efectiva cm	Heterosis %	Rendimiento Kg/ha	Heterosis %
Turen	56	121	791	124
ms ms x Turen	68		980	
Arawaca	43	179	1040	170
ms ms x Arawaca	77		1765	
Piritu	78	129	1673	144
Ms ms x Piritu	101		2407	
Aceitera	109	104	1311	123
ms ms x aceitera	113		1614	

Fuente: Delgado, 1985.

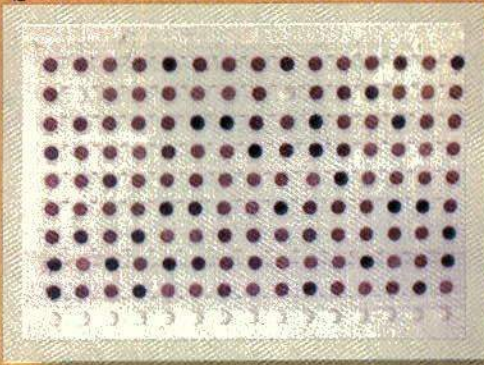


Foto 1. Accesiones presentes en el banco de germoplasma ajonjolí. C.I. Nataima

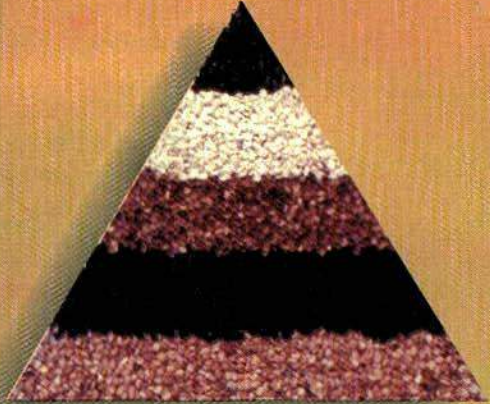


Foto 2. Colores de la semilla de ajonjolí. C.I. Nataima



Foto 3. Campo experimental de fitomejoramiento de ajonjolí. C.I. Nataima.



Foto 4. Corte de una prueba regional de ajonjolí. C.I. Nataima



Foto 5. Variedad de ajonjolí ICA PACANDE
C.I. Nataima



Foto 6. Variedad de ajonjolí ICA AMBALA.
C.I. Nataima.



Foto 7. Variedad de ajonjolí SESICA SM 11
C.I. Nataima



Foto 8. Línea promsoria de ajonjolí L.2.
C.I. NATAIMA

Foto 9. Línea promisoría de ajonjolí L-3
C.I. Nataima



Foto 10. Línea promisoría de ajonjolí L-4.
C.I. Nataima

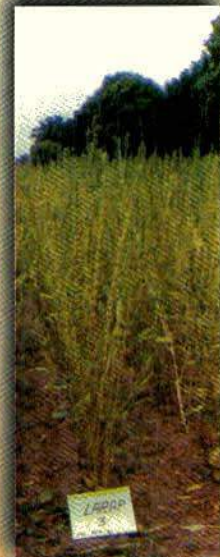


Foto 11. Línea promisoría de ajonjolí. L 9 . C.I. Nataima

Foto 13. Línea promisoría
de ajonjolí L 198.
C.I. Nataima



Foto 12. Línea promisoría
de ajonjolí L 21.
C.I. Nataima



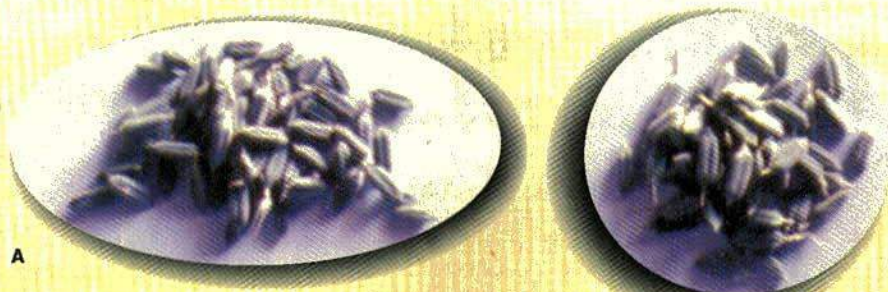


Foto 14. Cápsulas en el tallo principal (A)
y en las ramas (B) en la L-4
C.I. Nataima



Foto 15. Cápsulas en el tallo principal (A) y en las ramas (B)
en la L-4. C.I. Nataima



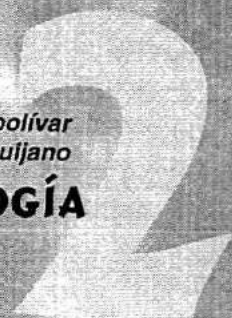
Foto 16. Cápsulas en el tallo principal y en las ramas
en la L-198. C.I. Nataima.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD, R.W. 1960. Principles of plants breeding, New York. J. Wiley 3^a. ed.
2. ANSARI A. H. , CHOUDRY, N.A. ; QAYYUM. S. M. , RAJPUT M.A.; and KHAN W.A. 1988. Correlation and regresion analysis between yield and yield contributing characters in sesame (*Sesamum indicum* L.) sesame and safflower No. 5 p. 71-75
3. BEDIGIAN D. AND HARLAN J.R. 1986. Evidence for cultivation of sesame in the Ancient World, Economic Botany 40: 137 – 154.
4. BEDIGIAN D. 1996. Crop Origin, Diversity Chemistry and Et no botany: *Sesamum indicum* L. Sesame and Sun flower. No. 2 p. 43 – 44.
5. BEDIGIAN D.; SMITH C.A. and HARLAM J.R. 1986. Patterns of morphological variation in sesamum indicum economic botany , 40 (3) 353-365.
6. CHAVAN, A. A., MAKNE, V.G. and CHOPDA P.R. 1981. Gene action in sesame, Indian J. Genetics, 41: 417-422.
7. DELGADO P.1985. Algunas consideraciones sobre la producción de semilla híbrida de ajonjolí. Fondo para el Desarrollo del Ajonjolí, Caracas No. 1 pp 6-7.
8. GOYAL, S.N., and KUMAR SUDIR. 1988. Heterosis in relation to general and specific combining ability in sesame, Indian J. Genetics. 48(2): 251-253.
9. GOYAL, S.N., and KUMAR S. 1991. Combining Ability for yield Components and oil content in sesame, Indian Journal Genetics 51(3) 311-314.
10. GRIFFING B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crosses system, Aust. J. Biol. Sci; 9: 463-493.
11. JOHN, C.M., NARAYANA, G.V. and SESHADRI, C.R. 1950. The wild gingly of Malabar, Madras Agric. J. 37: 47-50.
12. KOBAYASHI T. 1986. Some Genetic Patterns the main characteristics of the cultivated sesame, Sesame and sunflower: No. 2 p. 23-32.
13. KRISHNADOSS. D., KADAMBAUAM. M., SETHUPATHI R., and RAJASEKARAN D. 1987 Combining ability in sesamum, Indian J. Agric. Sci., 57 (2) 85-88.
14. MAZZANI, B. 1984. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas pp. 169 – 224. Caracas, Venezuela.
15. NAYAR, N. M. and MEHRA, K.L. (1979) Sesame, its uses, botany cytogenetics and origin, Econ. Bot. 24: 20-31.
16. REY B. L. 1995. Análisis de divergencia genética de cultivares de ajonjolí, Memorias IV Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos, Chinchiná, Caldas.
17. SINGH, V.K. SINGH H.G. and CHAUHAN S. 1983. Combining ability in sesame, Indian J. Agric. Sei., 53 (59): 305-310.
18. TSUCHIYA T. and GUPTA, P.K. (1990). Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolutions, Edit. Elsevier, Netherlands.

leonardo rey bolívar
eduardo barragán quiljano

ECOFISIOLOGÍA



Descripción del cultivo

El ajonjolí es una planta anual, perteneciente a la familia de las Pedaliaceae, de porte erecto, que puede representar ramas o carecer de ellas; entre sus principales características se destacan:

- a) Su sistema radicular compuesto por una raíz principal con numerosas ramificaciones secundarias y abundantes pelos radiculares; el mayor o menor desarrollo del sistema radicular de la planta va a depender en buena parte de las características propias de la variedad (factores genéticos) y de las condiciones externas al cultivo (tipo y preparación de suelo, condiciones de humedad).
- b) El tallo de la planta es generalmente cuadrangular, de diámetro y altura variable según la variedad y el medio ambiente, de color verde o amarillento, de entrenudos cortos, medianos o largos puede o no ser pubescente. Presenta o no ramificaciones secundarias. Foto 1.
- c) Las hojas son de forma variada aún cuando pertenezcan a una misma planta; las inferiores son generalmente lobuladas o aovadas mientras que las superiores son lanceoladas; pueden ser pubescentes o glabras (sin pelos); el color puede variar de verde oscuro hasta verde amarillento e incluso pueden tornarse de color morado cuando la planta alcanza su madurez fisiológica. Fotos 2, 3 y 4.
- d) Las flores son gamopétalas, de color blanco o ligeramente moradas, nacen en las axilas de las hojas en número de una a tres; en las variedades precoces la floración empieza generalmente a los 30 o 35 días de sembradas mientras que en las variedades de ciclo medio comienza a los 40 a 45 días después de la siembra. El cáliz tiene cinco sépalos lanceolados, puntiagudos y vellosos. La corola de color blanco, o blanco con tintes morados, tiene cinco lóbulos, el inferior un poco más desarrollado en forma de labio. Poseen cuatro estambres, didínamos, soldados a la corola, en la base del tubo. Foto 5.
- e) Los frutos son una cápsula en cuyo interior está la semilla, de longitud variable, pudiendo alcanzar hasta ocho centímetros de largo; pueden ser pubescentes o nó, dependiendo de la variedad; se pueden observar de uno a tres frutos por axila foliar. Los frutos o cápsulas están

compuestos por carpelos de dos hasta cuatro y cada carpelo contiene dos lóculos, por lo tanto se encuentran variedades bicarpelares y tetraloculares, variedades tricarpelares con seis lóculos y variedades poliploides tetracarpelares con ocho lóculos. Fotos 6, 7, 8 y 9.

- f) La semilla es pequeña y de color variable pudiendo ser blanca, cremosa, marrona, negra o mezcla de colores. Se presentan en número de 20 por cada lóculo, con tamaño variable y el peso de mil semillas está entre 2,0 a 4,0 gramos. Son ovoides y achatadas y rugosas a lisas. Foto 10.

Etapas de desarrollo de la planta de ajonjolí

Entender el desarrollo de la planta de Ajonjolí es primordial para asistentes técnicos y productores de este cultivo. Las variaciones en el manejo del cultivo son mejor comprendidas si se relacionan con el ciclo de vida completo o con una etapa específica.

El manejo de una variedad o híbrido, la fertilización, el ataque de insectos plagas, etiología de enfermedades, resistencia a sequía y otras prácticas agronómicas, tienen relación con una o varias etapas de desarrollo. El manejo eficiente y sostenible del cultivo depende del conocimiento que tenga el productor de las etapas de crecimiento del Ajonjolí.

La escala que se presenta de las etapas de desarrollo del cultivo de Ajonjolí es una propuesta en primera aproximación; también se dan las bases para iniciar un proceso de investigación con este objetivo.

Las etapas de desarrollo han sido definidas para la mayoría de los cultivos de importancia comercial : soya (9), girasol (17), algodón (8), maíz (10), sorgo (18), trigo (19 y 11). Los criterios utilizados para la descripción de las etapas de crecimiento varían entre los cultivos y son dependientes del crecimiento de las plantas (4). La expresión morfológica de las etapas de desarrollo son herramientas básicas para definir cual o cuales prácticas agronómicas se deben realizar para mejorar la producción y calidad de un cultivo.

RINCON C. A. y SALAZAR N, 1997, definieron en dos las etapas de desarrollo del Ajonjolí: una etapa vegetativa (EV) y otra reproductiva (ER). Para determinar las etapas vegetativas se definió como unidad el número de nudos en el tallo principal que atraviesa todo el ciclo del cultivo y para las etapas reproductivas se basó en la floración, desarrollo del fruto y maduración de la planta.

Las observaciones fueron realizadas en plantas de variedad comercial ICA-Pacandé-1 y la línea promisoría LINEA 4, ambas de tipo ramificado. El experimento se realizó en el Centro de Investigación Nataima, situado a 431 msnm, 4° 12' latitud norte y 74° 51' longitud oeste, temperatura 28° C y clima clasificado como bosque seco tropical.

La siembra se realizó en suelo franco-arenoso y las observaciones se realizaron con el criterio del número de plantas por metro cuadrado para el análisis de variables de crecimiento cada 8 días; en cada uno de estos casos el muestreo fue destructivo para los dos tipos de lectura de crecimiento y fenología; para los demás días pares se realizaron las lecturas de fenología en 10 plantas.

Se dividieron las etapas de desarrollo en vegetativa (EDV) y etapa reproductiva (EDR). La determinación de las fases dentro de la EDV se realizó mediante la identificación de los nudos, que es la parte de la planta y en especial en el tallo central donde las hojas se desarrollan y que dependiendo de la altura de cargue de la variedad va estar acompañada de una cápsula; por lo tanto en las últimas fases vegetativas que se superponían con las fases de EDR se contaron las posiciones de las cápsulas como nudo realmente.

Según Fehr y Caviness, 1981, cuando se desprende una hoja, en su sitio de unión queda una pequeña cicatriz en el tallo y ésta corresponde a un nudo. Debido a la permanencia de estas, se usan como identificadores de los estadios.

Para medir la longitud de las cápsulas se utilizó el criterio definido para los descriptores del ajonjolí (IBPGR, 1981).

Otro criterio que se probó para definir fases de desarrollo en las dos etapas fue el número de ramas, pero dada su poca consistencia no se tuvo en cuenta como otro elemento identificador; además se tuvo como base el número de hojas totalmente expandidas u hojas verdes, pero dada la variabilidad de expresión de las mismas en los diferentes estratos de la planta, tan solo sirvió como lámina foliar para la determinación del área foliar.

La definición del número de hojas como criterio delimitador de las fases de crecimiento en Ajonjolí, necesita mayor estudio dada la variabilidad de sus formas en los diferentes estratos de la planta tanto en el tallo principal como en las ramas productivas.

Para la definición de las fases de desarrollo en la etapa vegetativa se tomaron elementos de la descripción de las etapas de Rincón y Salazar, 1997, y se adaptó como propuesta innovadora considerar que el número que acompaña cada fase no fuera el tradicional número de días sino la estructura identificadora como es el caso del nudo y en especial en el tallo central. Foto 11, 12 y 13.

También se utilizó como criterio para contar el número de nudos, además de la protuberancia dejada por la cicatriz de la hoja, verificarla con la presencia de la cápsula. Para el tercio superior, a medida que avanza la floración el desarrollo de los entrenudos se acortan en longitud, por lo tanto el criterio de mayor o igual a 0.5 cm del entrenudo anterior no su cumple en este estrato. Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las fases de desarrollo en la Etapa Vegetativa de Ajonjolí.

Fase	Nombre	Descripción
V_0	Emergencia	Cotiledones por encima de la superficie del suelo.
V_1	Primer nudo	Hojas completamente formadas en el primer nudo. El entrenudo anterior con longitud mayor o igual a 0.5 cm.
V_2	Segundo nudo	Hojas completamente formada en el segundo nudo en el tallo principal.
V_n	Enésimo nudo	Número de nudos en el tallo principal con hojas completamente desarrolladas o cicatriz en el tallo principal o cápsulas desarrolladas en el tallo principal.

La descripción de las fases de desarrollo reproductivas se basó en la floración, desarrollo de cápsulas y maduración de las plantas. La madurez fisiológica es definida como aquel evento en donde se tiene la máxima acumulación de materia seca y se inicia a partir de este momento la pérdida acumulada de humedad.

Para el caso de ajonjolí, la madurez fisiológica presenta signos visibles por los cambios de coloración que se expresan tanto en la planta como en las cápsulas; también lo acompaña la caída de hojas (2). Para Venezuela la madurez de cosecha se alcanza cuando los frutos bajeros se abren (14). Según ICA, 1981, la madurez fisiológica se da cuando hay defoliación natural, los tallos y la hojas se tornan de color verde amarillento, las cápsulas bajas empiezan a abrirse y las

cápsulas son de color verde o amarillo por fuera, pero por dentro el grano (de color café claro) ya tiene un color definido y uniforme. Tabla 2. Fotos 14, 15 16, 17, 18 y 19

Tabla 2. Descripción de las fases de desarrollo dentro de la etapa reproductiva de Ajonjolí.

Fase	Nombre	Descripción
R ₁	Inicio de floración	Botón floral de 0.5 cm en cualquier nudo o tercio.
R ₂	Primera flor	Primera flor blanca en cualquier nudo o tercio.
R ₃	Inicio de formación, crecimiento de cápsulas y plena floración	Aparición de primeras cápsulas con longitud mayor o igual a 0.5 cm y en crecimiento en cualquier nudo. Flores abiertas mayor o igual a 90%.
R ₄	Cápsulas verdes	Cápsulas que hayan alcanzado su máxima longitud, en cualquier nudo de los tres tercios de la planta.
R ₅	Inicio de maduración	Caída de las hojas del tercio inferior y aparición de los primeros cambios de color de la planta (amarillamiento ascendente).
R ₆	Madurez de corte	Apertura incipiente de las cápsulas del tercio inferior y medio, defoliación y cambios en la coloración de planta y cápsulas.

El ciclo de desarrollo y crecimiento de dos materiales genéticos presentó diferencia en el número de días y en la producción de nudos; para la LINEA 4, produjo en 82 días 43 nudos, mientras que ICA-Pacandé produjo en 94 días 49 nudos. Tablas 3 y 4.

Tabla 3. Etapas y fases de desarrollo de la línea de Ajonjolí LINEA 4.

Días después de emergencia	Fases vegetativas	Fases reproductivas
0 (4 DDS)	V₀	
3	V₁	
6	V₂	R₁
10	V₃] 8 DIAS
14	V₄	
20	V₅	R₂
24	V₆] 10
28	V₇	
32	V₈	DIAS R₃
42	V₁₀] 5 DIAS
48	V₂₄	
66	V₃₀	R₄
82	V₄₀] 10
	V₄₃	
		R₅
] 3 DIAS

(Días después de Siembra).

Tabla 4. Etapas y fases de desarrollo de la variedad de Ajonjolí ICA - PACANDE.

Días después de emergencia	Fases vegetativas	Fases reproductivas
0 (4 DDS)		
3	V_0	
6	V_1	
10	V_2	
12	V_3	
20	V_4	
26	V_5	
28	V_6	
30	V_7	
38	V_8	
48	V_{12}	
54	V_{22}	
72	V_{25}	
86	V_{36}	
94	V_{41}	
	V_{49}	
	ETAPA VEGETATIVA	ETAPA REPRODUCTIVA
		R_1
		R_2
		8 DIAS
		R_3
		10 DIAS
		R_4
		6 DIAS
		R_5
		18 DIAS
		R_6
		22 DIAS

(Días después de Siembra).

El comportamiento de los dos materiales fue similar para la formación del primer par de hojas verdaderas (V_1) 3 días, el segundo par (V_2) 3 días y el tercer (V_3) 4 días y a partir de este momento los materiales genéticos se comportaron en forma diferente.

Para la Línea 4 la emisión de hojas expresada en nudos fue constante a partir de los 24 días hasta los 32 con la producción de 1 nudo por cada dos días (V_6 a V_{10}); después inició un proceso creciente de producción de nudos, como se muestra en la tabla 3, entre V_{10} y V_{24} 1.4 de nudos por día y al final aumento entre V_{30} y V_{40} a un nudo por día.

Para la variedad ICA-Pacandé (Tabla 4), la producción de nudos entre V_4 y V_5 fue lenta con un nudo cada 8 días, pero mejoró al pasar un nudo por cada 6 días (V_5 y V_6), y aumentó su emisión de nudo por dos días (V_6 y V_{12}), aumentando su eficiencia en un nudo por día entre V_{12} y V_{22} . Su comportamiento tardío expresa que al final de su ciclo produce en promedio 1.3 nudos por día.

Analizando las fases de desarrollo reproductiva, se muestra para la Línea 4 comparada con ICA-Pacandé (Tablas 3 y 4 respectivamente) que la primera llegó mas temprano a R_1 con seis días de diferencia menos de 24 a 30 días después de emergencia; esta diferencia se aumentó a 10 días para la R_2 , expresando así la precocidad de la línea 4 respecto a ICA-Pacandé. Esta diferencia se mantuvo hasta la R_7 , expresando así esta característica de estar por lo menor 12 días menos en exposición a las condiciones del ambiente.

Al analizar el total de días de ocurrencia entre las diferentes fases reproductivas, se observa que es similar para los dos materiales genéticos en los pares R_1 - R_2 , R_2 y R_3 , pero a partir de R_4 hasta R_6 los valores favorecen a ICA-Pacandé en mayor duración respecto a La Línea 4. Tablas 3 y 4.

La propuesta metodológica de descripción de las fases de desarrollo para estos dos materiales genéticos debe utilizarse para hacer más eficiente las prácticas agronómicas del cultivo. Fotos 20, 21 y 22.

La línea 4 presentó mayor precocidad que la variedad ICA-Pacandé, al llegar en menor tiempo a R_1 y R_2 .

La superposición de fases vegetativas con reproductivas mediante el indicador de nudos como vegetativos y la buena descripción de la floración y crecimiento de las cápsulas permiten definir estos momentos de desarrollo de la planta de ajonjolí.

Tipos de planta de ajonjolí

Las plantas de ajonjolí se pueden clasificar de acuerdo con los componentes del rendimiento, principalmente por la ramificación, el número de cápsulas por axila, el número de carpelos por cápsula y número de lóculos por cápsula. Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de ocho tipos de plantas de ajonjolí

Hábito de ramificación	Cápsulas por axila	Carpelos	Lóculos por cápsula	Tipo de planta
No ramificado	1	2	4	NRMB
No ramificado	1	4	8	NRMT
	3	2	4	NRTB
	3	4	8	NRTT
Ramificado	1	2	4	RMB
	1	4	8	RMT
	3	2	4	RTB
	3	4	8	RTT

NRMB: No ramificado monocapsular y bicarpelar
 NRMT: No ramificado monocapsular y tetracarpelar
 NRTB: No ramificado tricapsular y bicarpelar
 NRTT: No ramificado tricapsular y tetracarpelar

RMB: Ramificado monocapsular y bicarpelar
 RMT: Ramificado monocapsular y tetracarpelar
 RTB: Ramificado tricarpelar y bicarpelar
 RTT: Ramificado tricapsular y tetracarpelar

El número de cápsulas por planta de acuerdo a cada tipo de planta varía entre 57 y 86 observándose que el mayor número de cápsulas se correlacionan positivamente con hábitos ramificados y la presencia de 3 cápsulas por axila. Tabla 6.

Tabla 6. Número de cápsulas por planta de acuerdo con el tipo de planta de ajonjolí

Tipo de planta	Hábito de ramificaciones		Cápsulas por axila		Forma de la cápsula	
	Ramificado	No ramificado	1	3	Bicarpelar	Tetracarpelar
Número de cápsulas	86 + 1.1	53 + 1.0	57 + 1.3	83 + 1.4	82 + 0.9	57 + 0.9

Fuente: Sesame breeding and agronomy in Kore. 1986

Análisis de crecimiento en el ajonjolí

Al evaluar el crecimiento de la variedad de ajonjolí ICA Pacandé en condiciones de riego y no riego se encontró que la mayor acumulación de peso seco ocurrió a los 80 días, en términos de materia seca total. (18)

Las curvas de crecimiento se ajustaron al modelo matemático:

$$y = B_0 - X_1 X + B_2 X^2 - B_3 X^3$$

el cual presenta un comportamiento similar al de una curva sigmoidea de crecimiento.

El modelo matemático permite, en general, obtener los siguientes puntos críticos, en días después de emergidas las plantas:

Mínimo: 11 - 14, promedio: 12,5

Inflexión: 41 - 63, promedio 52

Máximo: 70 - 111, promedio 90,5

El estudio de Patarroyo en 1980 sobre el análisis de algunas características fisiológicas del crecimiento y de su plasticidad mostró que el riego suplementario es capaz de modificar el comportamiento ontogénico de la variedad de ajonjolí ICA Pacandé. Fotos 10 y 11

Análisis de correlación y regresión entre la producción y los componentes de la producción en el ajonjolí.

La producción de semillas en el cultivo del ajonjolí depende de la contribución de cada componente como las ramificaciones primarias y secundarias (C2), el número de cápsulas por planta (C3), peso de las cápsulas por planta (C4), la altura de la planta, altura del inicio de carga, días a floración, días a la formación de cápsulas, días a la maduración fisiológica, la contribución que cada componente mencionado hace a la producción de semillas por planta (C10), se obtiene mediante los análisis de correlación y regresión.

La correlación entre la producción de semillas por planta (C10) y el peso de cápsulas por planta fue altamente significativo y positivo con un $r = 0.995$.

El coeficiente de determinación $r^2 = 0.99$ sugiere que el 99% de las variaciones en el peso de semillas por planta se explica por el peso de las cápsulas por planta y el coeficiente de regresión $b = 0.594$ revela que por cada unidad de incremento en el peso de cápsulas por planta, el promedio de producción de semillas por planta se incrementa en 0.594 granos.

La relación entre la producción de semillas por planta (C10) y el número de cápsulas por planta presenta una correlación altamente significativa y positiva, $r = 0.964$. Los coeficientes de determinación $r^2 = 0.93$ explica que el 93% de la variación en (C10) se debe a una variación en (C3). El coeficiente de regresión $b = 0.186$, representa que por cada unidad de incremento en (C3), el promedio de (C10) puede incrementarse en 0.186 g/planta. Tabla 5.

Se encontró una correlación positiva y significativa de $r = 0.506$ entre (C10) y (C1). El coeficiente de determinación $r^2 = 0.256$ explica que solamente un 26% de la variación de (C10) puede ser explicado por una variación en la ramificación primaria (0.1). Y el coeficiente de regresión $b = 1.869$ revela, que por un incremento unitario en las ramificaciones simples, la producción de semilla se incrementa en 1.87 g/planta.

Así mismo se encontró una correlación altamente significativa y positiva $r = 0.658$ entre (C5) y (C2). El coeficiente de determinación $r^2 = 0.443$ sugiere que el 44% de la variación en el peso de semillas por planta se debe a una variación en la ramificación. Tabla 5.

La altura de planta y el peso de semillas por planta fue positiva y significativa $r = 0.464$. El coeficiente de determinación $r^2 = 0.215$ indica que el 22% de la variación en el peso de la semilla por planta puede ser explicado por la altura de la planta.

La relación entre el peso de semillas por planta (C10) y el espesor del tallo (C6) fue positiva y altamente significativo ($r = 0.694$). El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.482$) sugiere que la variación en el peso de la semilla fue debido a una variación en el grosor del tallo.

Tabla 5. Coeficientes de correlación, determinación y regresión de la producción y algunos componentes de la producción.

Carácter	Parámetro	C2	C3	C4	C10
(C1) Número de ramificaciones primarias por planta.	r	0.420	0.551*	0.521*	0.506 **
	r ²	0.176	0.304	0.271	0.256
	b	1.181	10.559	3.22	1.869
(C2) Número de ramificaciones secundarias por planta	r		0.727**	0.678 **	0.658 **
	r ²		0.529	0.472	0.433
	b		4.948	1.51	0.863
(C3) Número de cápsulas por planta	r		—	0.978 **	0.964 **
	r ²		—	0.957	0.93
	b		—	0.316	0.186
(C4) Peso de cápsulas por planta	r			—	0.995 **
	r ²			—	0.990
	b			—	0.594
(C10) Peso semillas por planta					

Ansari et al. 1988.

El coeficiente de regresión (14.15) revela que por cada unidad de incremento en el grosor del tallo, el incremento en el peso de la semilla fue de 14,15 granos. Las correlaciones entre el grosor del tallo y los días a floración fue negativa y entre esta y los días a la formación de cápsulas y días a madurez fisiológica fueron positivas y altamente significativas, lo mismo ocurrió entre días a formación de cápsulas y madurez fisiológica. Tabla 6.

Tabla 6. Coeficiente de correlación (r) y determinación (r²) y coeficiente de regresión de algunas variables en ajonjolí.

Característica	Parámetro	C6	C7	C8	C9	C10
Altura de planta (C5)	r	0.128	-0.261	-0.293	-0.357	0.464 **
	r ²	0.016	0.068	0.86	0.128	0.215
	b	0.004	-1.353	-1.497	-1.825	0.291
Grosor del tallo (C6)	r	—	-0.487	-0.431	-0.427	0.694**
	r ²	—	0.237	0.186	0.183	0.482
	b	—	-0.077	0.068	-0.067	14.15
Días a floración (C7)	r		—	0.991 **	0.98 **	-0.372
	r ²		—	0.981	0.961	0.138
	b		—	1.006	0.993	-1.207
Días a formación de cápsulas (C8)	r			—	0.991 **	-0.36
	r ²			—	0.983	0.13
	b			—	0.99	-1.152
Días a madurez fisiológica (9)	r				—	-0.37
	r ²				—	0.137
	b				—	-0.184
Producción de semilla (C10)						

*, ** significativo a los niveles de probabilidad al 0.05 y 0.01 respectivamente. Fuente: Ansari et al. 1988.



Foto 17. Tallo de la planta de ajonjolí
C.I. Nataima



Foto 5. Flores de la planta de ajonjolí.
C.I. Nataima.



Foto 3. Hojas trilobuladas de la planta
de ajonjolí. C.I. Nataima.

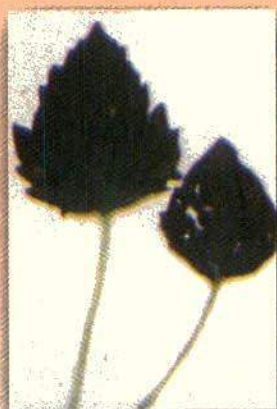


Foto 2. Hojas ovaladas de la planta
de ajonjolí. C.I. Nataima

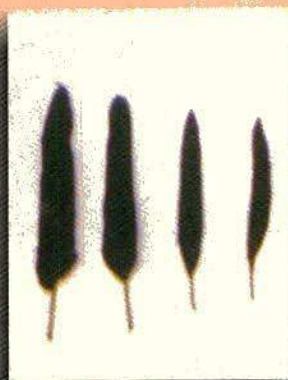


Foto 4. Hojas lanceoladas de la planta
de ajonjolí. C.I. Nataima.

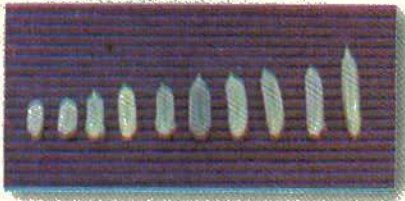


Foto 6. Longitud de las cápsulas en la planta de ajonjolí. C.I. Nataima.



Foto 8. Número de cápsulas por axila en la planta de ajonjolí. C.I. Nataima.



Foto 7. Lóculos por cápsulas en la planta de ajonjolí. C.I. Nataima.

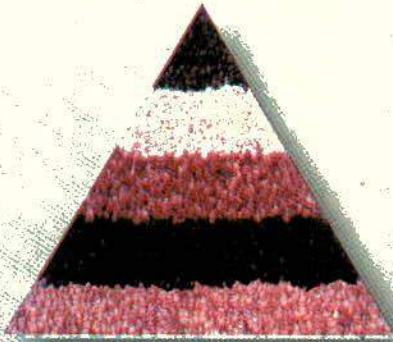


Foto109. Semillas del cultivo de ajonjolí C.I. Nataima.



Foto 9. Cápsula y semilla de ajonjolí C.I. Nataima.



Foto 11. Etapas vegetativas. Emergencia y primer nudo ICA PACANDE. C.I. Nataima.



Foto 12. Etapas vegetativas. V2 - V3 línea 4 de ajonjolí. C.I. Nataima.



Foto 13. Etapas vegetativas del ajonjolí. C.I. Nataima.



Foto 15. Etapas reproductivas de la planta de ajonjolí. R2. C.I. Nataima..



Foto 14. Etapas reproductivas de la planta de ajonjolí. R1. C.I. Nataima



Foto 16. Etapas reproductivas de la planta de ajonjolí. R3. C.I. Nataima



Foto 17. Etapas reproductivas de la planta de ajonjolí. R4. C.I. Nataima



Foto 18. Etapas reproductivas de la planta de ajonjolí.
R5. C.I. Nataima.



Foto 19. Etapas reproductivas de la planta de
ajonjolí. R6. C.I. Nataima.



Foto 20. Desarrollo de la flor en la variedad
ICA - PACANDE. C.I. Nataima.

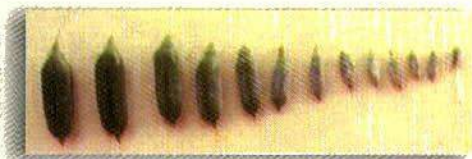


Foto 22. Desarrollo del fruto (cápsula) de la
línea 4 de ajonjolí.. C.I. Nataima.



Foto 21. Desarrollo del fruto (cápsula) de la
variedad ICA PACANDE.. C.I. Nataima.

BIBLIOGRAFIA

1. ANSARI A. H. CHOUDRY, N.A. QAYUM S.M., RAJPUT M.A. and KHAN W.A. 1988. Correlation and regression analysis between yield and yield contributing characterisn sesame and safflower. N.S. 71-75.
2. ARORA R. K AND K.W. RILEY. 1993. Sesame biodiversity in Asia. Conservation, evaluation and improvement, IPGRI International Plant Genetic Resources Institute. Office for South Asia, New Delhi. 209 pp.
3. BOOTE K. J. 1982 Growth stages of peanut (*Arachis hypogaea* L.) Peanut Science 9:35-40.
4. CHARLES-EDWARDS D. A. 1982 . Physiological determinants of crop growth. CSIRO Division of tropical pastures cunningham laboratory, St Lucia, Queensland. Academic Press. 161 p.
5. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL CIAT. 1980. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. Guía de estudio. 28 p.
- 3 6. COMPTON L. P. 1990. Anatomía, morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de sorgo. En: Agronomía del Sorgo. 17-68 p. ICRISAT.
7. CROP EXPERIMENT STATION. Rural development administration. 1986. Sesame breeding and agronomy in Korea. 61 pp Korea.
8. ELSNER J .E.. C. WAYNE SMITH and D.F. OWEN .1979. Uniform stage descriptors in upland cotton. Crop Science. Vol 19:361-363.
9. FEHR W.R. and C.E. CAVINESS. 1981. Stages of soybean development. Cooperative extension service. Iowa State University. Ames Iowa 50011. Special report 80. 11p.
10. HANWAY J.J. 1963. Growth stages of corn (*Zea mays*, L) Agronomy journal. 55:487-497.
11. HAUN J.R. 1973. Visual quantification of wheat development. Agron. J. 55:487-491.
12. INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETICS RESOURCES. 1981. Descriptors for Sesame. IBPGR, Secretariat, Rome. 19 p.
13. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. ICA. 1981. Producción de Ajonjolí, Boletín No. 79. 48p
14. MAZZANI B. 1983. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas, Caracas. P 169-226.
15. PATARROYO, M.F. 1980. Análisis de crecimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) bajo diferentes condiciones de suministro de agua. Tesis Magister Science. PEG. Universidad Nacional de Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. 104 pp.
- 2 16. RINCON A. C. y SALAZAR N. 1997. Descripción de las etapas de desarrollo del Ajonjolí, Agronomía Tropical 47(4): 475-487. 475-487 p.
17. SCHNEITER A. A. And J. R. MILLER. 1981 . Description of sunflower growth stages, Crop Science, Vol 21:901-903.
18. VANDERLIP R. L. and H. E. REEVES. 1972. Growth stages of sorghum (sorghum bicolor (L) Moench.) Agron. J. 64:13-16.
19. WALDREN R. P. And A.D. FLOWERDAY. 1979. Growth stages and distribution of dry matter, N, P and K in winter wheat, Agron. J. 71:391-397.

*pedro pablo herrera vivas
leonardo rey bolívar
alvaro henao mejía
ely echeverry navarro*

**MANEJO INTEGRADO DEL SUELO
SISTEMAS DE PREPARACION
SIEMBRA Y CULTIVO**

El suelo y algunos de sus componentes en los sistemas de producción de ajonjolí

El suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre, que sustenta los ecosistemas de plantas y animales. Está compuesto por diversos elementos como minerales que sufren alteraciones físicas y químicas, restos de plantas y animales que se descomponen y pasan a formar parte de la materia orgánica. El agua lluvia o el riego, se filtra y almacena en diminutos poros para luego ser suministrada a las plantas; por su parte, el aire se mueve a través de poros grandes, originando un cuerpo dinámico vivo, medio ideal para que las plantas de ajonjolí desarrollen sus raíces y se nutran.

La parte mineral

Las partículas minerales gruesas y finas, confieren al suelo su textura según el tamaño; siendo las gravas, granos superiores a 2 mm, arena entre 2 a 0.05 mm; una fracción intermedia llamada limo 0.05 a 0.002 mm y el tamaño más fino, inferior a 0.002mm denominado arcilla; Estas partículas suministran al suelo propiedades físicas y químicas especiales, de acuerdo a su participación, (23). Son comunes la mezcla de tamaños, recibiendo diferentes nombres de suelos francos, aquellos con valores aproximados de 10 a 30% de arcilla, 25 a 40 % de limo y un 30 a 60 % de arena. Cuando existe una proporción relativamente igual de los tres tamaños, le permite al suelo tener facilidades para la labranza; en líneas generales, sin ser esto una paradigma, entre más arenoso el suelo, menor labranza requiere. (10). Foto 1.

El ajonjolí es un cultivo que se establece bien en suelos con texturas sueltas para desarrollar el tipo de raíz que posee; prefiere la textura franco-arenosa a arenosa, pH con tendencia hacia la neutralidad y buena presencia de bases intercambiables; suelos arcillosos con alta y concentrada precipitación presentan problemas.

Materia orgánica

Al igual que los minerales, los restos orgánicos son alterados en el suelo. Una población de larvas, ácaros, arañas, hormigas, hongos y bacterias, ataca los residuos vegetales y los transforman, originando la materia orgánica también conocida como humus que generalmente se encuentra en la primera capa u horizonte superior del terreno, y tiene un color pardusco casi negro, que es conferido al suelo. El humus es tan importante para los suelos como los minerales, por el gran número de nutrientes que suministra las plantas; constituye parte de los adhesivos que dan al suelo su estructura, elemento vital para que se desarrollen las propiedades físicas, permitiendo así retener el máximo de agua, lo que se conoce como capacidad de campo, y evacuar

todo exceso, dejando una reserva para la toma de nutrientes. Los suelos con limitaciones físicas restringen el crecimiento de las raíces del cultivo, limitándolo a la parte superficial, reduciendo la capacidad de absorción de nutrientes y agua. Otra función vital del humus es el suministro de nitrógeno al cultivo, de forma que éste pueda absorberlo, (10).

Los microorganismos del suelo

Los microorganismos, uno de los componentes más importantes del suelo, constituyen su parte viva, siendo responsables de la dinámica de transformación y desarrollo de la materia orgánica. Su mayor actividad se realiza en los primeros centímetros, disminuyendo a medida que se profundiza en el suelo.

La microflora está compuesta por bacterias, actinomicetos, hongos, algas, virus y protozoarios. Entre las funciones más importantes que cumplen asociadamente en los procesos están:

- “ Suministro directo de nutrientes (fijación de Nitrógeno)
- “ Aumento del desarrollo radical en la planta, que mejora la asimilación de nutrientes (Micorrizas)
- “ Mejoramiento de las propiedades físicas del suelo. (4)

El agua del suelo

El agua de lluvia se infiltra en el suelo con facilidad en zonas con propiedades físicas bien desarrolladas donde se destaca una densidad aparente menor de 1.5 g/cm^3 y una porosidad superior al 40%. Cuando la precipitación es fuerte (mayor 24.5 mm/h), inicialmente el suelo se satura; sin embargo, el exceso de agua no tarda en ser evacuado (drenado), dejándolo con buena reserva de humedad (capacidad de campo) y permitiendo contener suficiente agua disponible para suministrar al cultivo, entre una lluvia y otra. Sin embargo en suelos de estructura deficiente (polvosos o arenosos) de climas secos como son las zonas ajonjoliceras del Tolima y Huila, las plantas suelen sufrir estrés por falta de agua, dada la alta tasa de evotranspiración (superior a 6 mm día), llegando fácilmente al llamado punto de marchitez, con la reducción drástica en el rendimiento del cultivo. (18).

Los requerimientos de agua en el suelo, para el desarrollo del cultivo, no son muy exigentes, pues se obtienen rendimientos adecuados aún con déficit hídrico pronunciado; sus requerimientos están por el orden de 319 mm por ciclo

de cosecha, lo mejor distribuidos posible; esto indica, que se pueden involucrar grandes zonas semiáridas a la producción, con relativo éxito productivo, (22,18). Foto 2.

Para mantener productivo el agroecosistema del ajonjolí, es conveniente mantener una cobertura de plantas o residuos orgánicos en la superficie con lo cual se conserva el suelo, se reduce la evaporación al protegerlo del choque de las gotas de lluvia, y se estimula y difunde la humedad; además da mayor fortaleza, al generar terrones (cohesión) y facilita la formación de un horizonte o capa superior enriquecida con materia orgánica, mejorando de paso la porosidad del mismo, (12).

En un sistema intensivo de producción de ajonjolí, donde se cultiva todo el año y no hay tiempo de permitir el descanso de los lotes por el reducido tamaño del predio, el suelo es arado antes de sembrar, acelerando la pérdida de materia orgánica e induciendo cambios físicos desfavorables. Al inicio del crecimiento del cultivo, la lluvia intensa azota la superficie descubierta, arrastrando grandes cantidades de partículas, hecho que se favorece por la pendiente. El agua de escorrentía forma primero arroyuelos pocos profundos, que se transforman a medida que se intensifican las lluvias en surcos más hondos debido a la pérdida de suelo, dejando una superficie difícil de sembrar. Los efectos de la agricultura no se limitan a la pérdida de material, sino también al impacto negativo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mermado el potencial productivo de los lotes.

Adecuación del suelo para la siembra

La destrucción de las propiedades físicas del suelo, producto del uso indiscriminado de implementos de labranza basados en disco, ha generado problemas en la productividad de los cultivos de ajonjolí; se requiere un cambio de estrategia en la preparación de lotes para la siembra. Los cinceles (flexibles o rígidos), lo mismo que la siembra directa vienen aceptándose entre los agricultores, (14); existen experiencias de Rey (1998), en la siembra de seis genotipos con sembradora Max Énergie (John Deere) de ajonjolí en el C.I. Nataima.

La preparación convencional es la más utilizada en el área agrícola donde se siembra ajonjolí en el valle cálido del alto Magdalena, usando el arado como herramienta principal para el control de malezas. Ultimamente se ha venido revaluando su uso, en relación con el incremento de controles químicos mediante herbicidas, los costos de energía, maquinaria y

labranza (aradas, rastras, cultivadas y aporcadas) en cada época de siembra.

Esta labranza causa un efecto sobre la dinámica poblacional de malezas, facilitando que sus semillas permanezcan más próximas a la superficie del suelo; de ahí que el peligro de infestación sea latente. De la misma manera, en malezas cuya propagación se realiza vegetativamente, al cortar sus estructuras con los discos, se estimula la creación de nuevas plantas.

Labranza para sembrar Ajonjolí

Cada cultivo requiere condiciones particulares para su germinación, crecimiento y desarrollo, lo mismo que cada suelo necesita un nivel de labranza determinado; (12) siendo así, la labranza primaria para establecer ajonjolí pretende obtener una buena estructura y óptimas condiciones de crecimiento de la raíz en el suelo. Sin embargo, las semillas no germinan bien en un suelo que se le haya hecho solo labranza primaria (romper y/o invertir el suelo).

La labranza secundaria sirve principalmente para crear condiciones en la capa superior, y propiciar una germinación mayor del 90% de las semillas del cultivo. Sin embargo, estas condiciones no son las mejores una vez que la planta queda establecida, (10)

Es necesario precisar que, *la labranza no es una "receta"*, pues cada suelo tiene su patrón de preparación y son las características de cada sitio, las que definen la labranza del lote a cultivar. Para esto es conveniente, hacer una cajuela o hueco, por una sola vez en la mitad del terreno a preparar, de 50 cm X 50 cm por 50 cm de profundo; con el fin de determinar las características visuales de tipo interno del suelo como textura, compactación, pedregosidad, profundidad de capas u horizontes y humedad, así como el nivel freático; con lo cual se consigue, determinar con mucha aproximación los implementos requeridos y su intensidad de uso en el lote. Es importante destacar, que en zonas bajas tropicales donde se va a sembrar Ajonjolí, es necesario mantener el suelo con algún grado de cobertura, para favorecerlo de los factores climáticos. Ninguna labranza es mala por sí misma; el daño se causa al hacerla sin ningún criterio técnico.

Con la entrada de tractores al país, éste método se generalizó, perdurando aún, siendo el origen de los graves problemas de compactación y pérdida de suelo causados en las zonas

agrícolas mecanizadas, debido a que las labores ejecutadas han sido y siguen siendo seleccionadas en forma incorrecta.

La técnica básicamente consiste en usar casi con rigurosidad, arado, rastra y rastrillo, dejando la superficie de siembra pulverizada, costumbre generalizada en los agricultores de ajonjolí, como si labrar el suelo de esta manera fuera un método estricto. Este tipo de labranza ha causado mucho daño a los suelos en las zonas donde se siembra Ajonjolí, dada la intensidad y constante volteo del terreno, invirtiendo las capas con consecuencias dramáticas en la calidad del primer horizonte, máxime si se tiene en cuenta que este es un cultivo netamente extractivo, ya que para su cosecha casi siempre se retira el tamo del lote.

Labranza primaria

Método que emplea implementos diseñados para romper, invertir, airear y en algunos casos destruir malezas, entre los que se encuentran: arados de disco, vertedera, rastrarados (rastras pesadas), rotativos, cinceles y subsoladores, (10)

Arados de disco: Utilizados para romper raíces gruesas, suelos pesados y pegajosos (arcillosos); suelos sueltos (arenosos) o abrasivos. Lo ineficiente de su uso está en dejar el suelo con terrones grandes, requiriendo labores posteriores de nivelación y desterronado. Actualmente la tendencia es sacar estos implementos del mercado y de uso, por el daño que producen a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Se componen de un cuerpo de discos, un sistema de enganche y una rueda guía. Como norma general y a manera de orientación, en promedio cada disco requiere aproximadamente de 15 HP (caballos de fuerza) para su desplazamiento. Para que los discos penetren fácilmente, se deben mantener los bordes cortantes bien afilados y rectificadas.

Arados-rastra: Básicamente es un "tren" de discos montados en un eje común; este conjunto se llama sección. Un rastrarado se compone de dos secciones, una delantera con discos dentados (escotados) que cortan y arrancan el suelo y una trasera con discos lisos que desmenuzan. Su peso es mayor al de las rastras para desterronar, llamadas también californianas, siendo la profundidad de trabajo un efecto del peso del implemento y el ángulo o "traba" de las secciones, respecto de la dirección de avance. Foto 3

Como el empleo del arado no produce una buena cama para las semillas, al quedar los terrones demasiado grandes, es necesario fraccionarlos en pedazos más pequeños para que su peso no se oponga a la salida de las primeras hojas a la superficie. De ahí que la tarea de fraccionar dichos terrones producto de la labranza primaria (arada) se llame labranza secundaria. Con esto se busca formar zonas con tamaños de terrones que permitan el transporte adecuado de aire y agua (permeabilidad) hacia las semillas y así lograr la máxima germinación.

Es de anotar que la zona inicial de semillas, se convierte luego en la zona de raíces (rizósfera) encargada de concentrar la mayor cantidad de humedad (producto de la lluvia o el riego) y fertilizantes para la absorción de nutrientes en cada una de las etapas de desarrollo del ajonjolí.

Una buena preparación es aquella en la cual existen terrones grandes, medianos y pequeños, *pero nunca polvo*, lo cual incide en que el suelo quede lo suficientemente "poroso" para que el agua lluvia o el riego penetre y no lo arrastre, produciendo erosión y almacene humedad para épocas secas. Para ello se utilizan las rastras, los rastrillos, la pala, el marco nivelador y rastras de dientes. Nunca se deben usar intensivamente estos equipos, pues se corre el riesgo de producir efectos contrarios a los deseados, dañando el suelo.

La labranza secundaria, debe realizarse de tal manera que destruya lo menos posible la estructura del suelo, es decir, la capacidad que tiene este de formar terrones; al analizar por Yoder, debe tener un 50% de 1 a 3 mm, un 30% en el rango de 3 a 6 mm y un 10% en agregados de tamaño inferior al a 0.5 mm (6). Una condición polvorienta es un ambiente indeseable para la semilla y para la penetración del agua, pues produce sellamiento superficial de poros, compactación y por ende encostramiento, impidiendo la salida de plántulas al exterior al germinar semillas tan pequeñas como son las de ajonjolí.

Labores de cultivo

También llamadas operaciones de mantenimiento de cultivo, pretenden mantener la "cama de semillas" y la zona de raíces bajo una capacidad de aireación superior al 40%, para retener una humedad cercana a la capacidad de campo durante todo el ciclo del cultivo.

• Cultivar

Consiste en redistribuir el suelo cuando el cultivo se encuentra establecido, buscando eliminar en forma mecánica las malezas. Vale la pena mencionar que el manejo de los

implementos debe ser superficial (máximo 5 centímetros), para no sacar a la superficie semillas de malezas que puedan iniciar otro ciclo de competencia con el cultivo.

• Aporcar

Es arrimar suelo a la base de la planta y así lograr mejor anclaje, desarrollo radical y mayor área de nutrientes. La labor se ejecuta acoplando discos a la cultivadora.

• Manejo de malezas

El manejo de las malezas se debe hacer por medio de los herbicidas conocidos y en las dosis recomendadas por el fabricante, previa evaluación del tipo y población existente. Es importante tener en cuenta la textura del suelo, la presencia de materia orgánica y lo que nunca se mira, una rigurosa calibración del equipo de aplicación, como también la calidad del agua de aplicación; en su gran mayoría, los herbicidas trabajan bien en aguas con pH entre 4.7 a 5.5, por encima del cual degradan el ingrediente activo del producto.

En el control mecánico de las malezas con ganchos o cultivadoras, se puede causar daño al suelo, como también inducir la germinación de nuevas poblaciones de maleza, producto de romper el sello dejado por el herbicida aplicado en preemergencia; en este sentido sería más conveniente emplear otro tipo de técnicas, como el control post con algún herbicida selectivo o tipo Glifosato dirigido en dosis baja (el concepto se amplía en el capítulo sobre manejo integrado de malezas).

Otras alternativas más eficientes de preparación del suelo

Por el deterioro del suelo, se ha tenido que recurrir a patrones de labranza que apunten a mantener o mejorar las propiedades del suelo. Aquí se puede encontrar, desde la reducción del número de pases de implementos de disco, pasando por la mezcla de discos seguido por el uso de cincel flexible, en ese orden, para que la compactación dejada por el disco a la profundidad de trabajo se rompa, logrando un almacenamiento de agua y desarrollo de raíces en profundidad. Es necesario hablar de reducir las labores de preparación, bajo el criterio de que cada cultivo requiere tamaños de terrón y profundidades de preparación diferentes, es decir, que algunos cultivos no requieren el uso de los arados y otros sí; Pero además se pueden reducir los pases de rastra o rastrillo, trayendo beneficios, sobre todo en el ahorro de combustibles, llantas y deterioro de la máquina en general. Se aclara, eso sí, que la elección debe obedecer a un concepto técnico-económico y teniendo en cuenta el tipo de suelo.

La Labranza vertical eficiente (Prototipo cincel desterronador)

CORPOICA, en el centro de investigación Nataima ha venido trabajando con el fin de identificar alternativas de labranza para reducir o eliminar los implementos de disco. Castro (1996), con el uso de un cincel rígido cada dos años, incrementó los rendimientos de ajonjolí en 257 kg/ha, en comparación con la labranza convencional que se hace en El Espinal, acondicionando un implemento de labranza vertical eficiente, a partir de un cincel flexible y una cultivadora rotativa, fusionados en uno solo, puede ser de gran utilidad en las zonas ajonjolíceras del país, reduciendo el número de operaciones en el campo a una sola en suelos franco arenosos; esto se debe hacer en condiciones de baja humedad del suelo, para magnificar la rotura de los terrones. Con la adición de dos implementos, el primero es un cincel flexible de 9 cinceles alternos a 35 cm, entre cada uno y el segundo, una cultivadora en la parte posterior y anexando los rotores de la cultivadora se consiguió formar un solo conjunto al que se le dió el nombre de Cincel desterronador que funciona desde suelos franco-arcilloso hasta franco arenosos con baja pedregosidad. Foto 5.

Este implemento penetra con facilidad a 30 cm, sin dejar capas compactadas a la profundidad de trabajo; en suelo con mayor contenido de arcilla se requerirá de dos pases; es posible que por la presencia de cobertura (tamo de cosecha) y malezas tipo "batatilla" *Ipomoea sp*, se requiera un pase inicial de rastra para picarla, evitando que el trabajo del cincel desterronador barra las socas; es importante contar con desbrozadora o guadaña para convertir las socas en abonos y facilitar el trabajo del implemento.

Cuando los suelos presentan limitaciones físicas en profundidad, por la formación de pisos de arado, o si la génesis de éstos favorece la acumulación de arcilla en el segundo horizonte, la acción de los cinceles proveen un mejor enraizamiento y almacenamiento de agua; sin embargo, éste implemento no funciona en todos los suelos; es necesario, asesorarse del asistente técnico para su uso.

Manejo de malezas

Es importante destacar que las siembras de crotalaria o caupí como cobertura de rotación en el mismo semestre, son importantes como abono verde y presentan un factor alelopático, que regula algunas gramíneas y ciperáceas competidoras; con base en esta característica, es conveniente hacer una evaluación de malezas dentro del sistema, para no incurrir en gastos adicionales. El control se puede hacer con los herbicidas tradicionalmente usados para la siembra

del ajonjolí o, en el caso que sea posible después de una lluvia, dejar germinar el banco de malezas de 10 a 15 días, para luego hacer una aplicación de Glifosato, en dosis de 2-4 l/ha, acompañado de un producto que controle el pH del agua de aplicación (4.7 a 5.5), disuelto en 250 o 350l/ha, para alcanzar un mejor control. Con esto se consiguen excelentes resultados, pues se genera un nivel de cobertura tal, que permite al suelo mejorar su capacidad de retención de humedad y presentar una mejor disposición para regular la población secundaria de malezas; esta labor suele ser más económica que el manejo de preemergentes.

Para asperjar el producto en áreas comerciales se debe usar bomba para tractor de alta capacidad, con aguilón ancho que aumente la eficiencia de aplicación. El aguilón debe quedar a 50 cm de altura sobre el suelo, para permitir un buen traslape; además, es importante dirigir las boquillas en ángulo de 15 a 20 grados con relación al aguilón, para mejorar el barrido. También se puede emplear bomba de espalda, teniendo precaución de hacer un doble barrido en cruz, con el fin de aplicar mas agua y evitar los conejos, que normalmente quedan cuando se hace aplicación en un solo recorrido. En postemergencia se recomienda utilizar herbicidas dirigidos, selectivos al ajonjolí, (14).

La siembra

Es uno de los factores más importantes a considerar en la labranza de conservación para zonas ajonjoliceras, pues de ella depende en gran medida el éxito de la competencia con las malezas, el desarrollo de la planta y la productividad del cultivo. Es necesario contar con una sembradora de línea flotante con doble disco enfrentando en la zona de colocación de semillas; con esto se aceptan residuos en superficie y terrenos de irregular microrelieve, mientras no causen encharcamiento en el lote. Foto 6

Las densidades de siembra deben estar acordes con las características del genotipo y oscilar entre 100.000 y 150.000 plantas/ha, lo cual contribuirá a la reducción de los costos. Con una adecuada calibración de la sembradora (ver capítulo), no se debe sembrar más de los 3 kg/ha, pues cuando existe una buena viabilidad de la semilla, la población es tan excesiva que induce a una competencia intraespecífica inicial de las plantas de ajonjolí, incrementado los costos en raleo y distancio del lote. Otro aspecto a considerar es el cierre de la distancia entre surcos, para que el mismo cultivo compita tempranamente en mejor condición con las malezas, lo que ayuda a bajar el costo de control; esta distancia entre surcos

puede ser de 0.5 a 0.65 m, para variedades no ramificadas y ramificadas de porte bajo y de 0.65 a 0.75 m para variedades ramificadas de porte alto, (Corpoica, 1997, Informe anual oleaginosas).

Ventajas de la tecnología

Un sólo pase de este implemento que fácilmente puede ser copiado por los agricultores de ajonjolí, en suelos franco arenosos, permite dejar el terreno, con una labranza vertical, listo para la siembra; con ahorro de combustible y operaciones en el campo, manteniendo algún grado de cobertura que lo protege de factores climáticos adversos. El operar un pase de este implemento puede costar \$ 35.000 pesos a precios actuales, mientras que una labranza hecha con implementos de discos está en promedio de la zona en \$ 100.000 pesos.

Siembra directa (Labranza cero)

Aparentemente es la última tecnología llegada al país, aunque durante los años setenta y ochenta se habían realizado algunas experiencias en Colombia, sin lograr una difusión importante; una de las razones fue la resistencia al cambio de los agricultores y el desinterés de la industria nacional por construir este tipo de equipos. Países suramericanos como Brasil, Argentina y Chile la vienen trabajando desde algo más de 20 años con excelente éxito, encontrando que este método es la forma más compatible entre producir cosechas y conservar el suelo. Es una forma moderna de la siembra a chuzo, o si se quiere, una siembra a chuzo mecánica eficiente.

Los costos de la agricultura y el deterioro de los suelos en los agroecosistemas comerciales, están estrechamente ligados al uso inapropiado de las prácticas de preparación del terreno para la siembra, (16). El respeto de la cobertura del suelo en los sistemas agrícolas del trópico es de vital importancia para la sostenibilidad del mismo. Es importante precisar, que esta forma de trabajar los suelos no pretende aumentar los rendimientos, como tampoco todos los suelos permiten sembrar cultivos con ésta técnica. Por otra parte, hay que tener presente que suelos con texturas pesadas (arcillosos) y suelos donde el nivel del agua esté cercano a la superficie, tendrán problemas al establecer ajonjolí con este sistema; es decir, no todos los suelos presentan vocación para la siembra directa en ajonjolí; esto debe quedar muy claro, para no cometer errores.

El método consiste en no voltear el suelo, esto es, no, voltearlo y fragmentarlo, sino roturar exclusivamente la línea de siembra, para establecer ajonjolí dentro de su sistema de rotación. Se siembra sobre el mismo rastrojo, previa

aplicación de herbicidas de control total. Para ello se requiere una máquina que, por medio de dos discos enfrentados, abran un pequeño surco o "zanja" donde se deposita la semilla, para luego ser tapada por otros dos discos, cuya función es precisamente la de cerrar el surco abierto y hacer que la semilla quede en íntimo contacto con el suelo. El equipo se conoce como sembradora de siembra directa o labranza cero.

Actualmente CORPOICA, con el apoyo de otras entidades, viene creando las bases técnicas para el desarrollo y la difusión del establecimiento de cultivos bajo siembra directa, es decir, cero remoción del suelo manteniendo cobertura viva o muerta, para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo con el tiempo. Es importante anotar que esto se logra además, a través de rotación de cultivos, y uso de abonos verdes.

Descripción de la Tecnología

Para iniciar el proceso de la labranza de conservación o siembra directa en el sistema ajonjolí, se deben preferir suelos franco arenosos, que en la mayoría de los casos, deben ser descompactados en seco, siempre y cuando no haya piedras, con la ayuda de un cincel rígido o flexible según la necesidad. Otro punto importante es lograr tener el mayor grado de cobertura en el suelo, proveniente de una siembra anterior de sorgo, maíz, abono verde como también rastrojo de malezas, controlada con guadaña o desbrozadora y herbicida.

Se debe iniciar este proceso con maquinaria alquilada o transformando alguna máquina propia (sembradora Apolo), utilizando un lote pequeño de la finca; con esto se busca que el agricultor de ajonjolí en su medio conozca las virtudes y limitaciones del sistema, consiga experiencia, se convenza que en su finca es posible o no sembrar de esta forma y pueda cubrir la totalidad de su área. Foto 7 y 8.

• Manejo de malezas

Una vez conseguida la cobertura como se mencionó anteriormente, y después de una lluvia o riego, con lo cual se induce la germinación del banco de malezas del suelo, se aplica un herbicida tipo Glifosato 2 a 4 l/ha, para hacer un control eficiente de las plantas competidoras y se siembra antes o inmediatamente después de la aplicación. Es conveniente acompañar la aplicación de Glifosato con un herbicida preemergente, teniendo como base el cultivo de ajonjolí y la compatibilidad de los productos, factor de vital importancia en el desarrollo de este sistema de siembra. Es importante manejar el pH del agua de aplicación (4.7),

agregando una botella de vinagre por cada 100 litros de agua o cualquier regulador de pH; con una cantidad superior a 250 l/ha en la quema; se debe calibrar muy bien el equipo de aplicación y no utilizar aguas que posean sedimentos en suspensión, provenientes de canales o acequias; estas arcillas bloquean el ingrediente activo del producto, bajando drásticamente la eficiencia del producto.

• La siembra

Para mejorar la rentabilidad del sistema ajonjolí, se debe sembrar con una máquina de siembra directa, lo más ajustada posible y partiendo de una excelente calibración. Este cultivo se puede establecer perfectamente con 1 o 2 kg/ha de semilla, sin superar los 3 cm de profundidad, limpiando muy bien la línea de siembra con el disco abresurco pues se han encontrado alelopatías; el ajonjolí es un cultivo que reduce su germinación en presencia de materia orgánica en descomposición (22). Se deben tener en cuenta los factores agronómicos que predispongan ese buen establecimiento y ser consecuentes con esa densidad, pues al sembrar mayores cantidades, se corre el riesgo de incurrir en gastos adicionales innecesarios, por la distanciada y el raleo.

Se debe tender a cerrar distancia entre surcos, disminuyendo la población por surco, para hacer más competitivo el cultivo con relación a las malezas. Con base en el análisis del suelo y utilizando la sembradora de siembra directa, es importante preabonar con fósforo, calcio, azufre y micronutrientes, pues estos elementos son de lenta liberación. No es necesario hacer cultivada o aporcado, pues se activan nuevas poblaciones de maleza; en postemergencia se pueden utilizar Glifosato dirigido, a razón de 1 l/ha o un herbicida tipo Fluazifop-Butil selectivo al cultivo, previa evaluación del tipo de maleza presente en el lote.

Calibración de equipos de siembra

Uno de los limitantes más serios en el establecimiento de un lote de ajonjolí, es la siembra; la escasa oferta de sembradoras que depositen la semilla en forma precisa, es decir, espaciada, con bajo consumo de la misma y la no calibración técnica, hacen que el cultivo tenga puntos críticos desde el establecimiento. Actualmente esta labor se realiza con equipos ineficientes desde el punto de vista mecánico y con resultados agronómicos pobres, pues se riegan a "chorrillo", utilizando grandes cantidades de semilla, con dosis que van de 7 a 15 kilos por hectárea, por el uso de sembradoras no calibradas, obsoletas, en lamentable estado mecánico, diseñadas para trabajar en terrenos totalmente pulverizados, (10).

Tradicionalmente el productor siembra grandes cantidades de semilla para ir "asegurado", dando a entender que busca originar una germinación masiva de semilla, observándose el lote como si fuera un gran almácigo que luego será raleado y espaciado con azadón, quedando una población equivalente al 6 o 20% del total de plantas emergidas, y perdiendo el resto (80-94%) por efecto del azadoneado. Esta técnica no tiene sentido pues máximo tres kilos de semilla y una germinación no inferior a 90% dejan una población entre 100.000 y 150.000 plantas/ ha y se eliminan los jornales de raleo y espaciada, que tanto incremento causan a los costos de producción, quitándole competitividad al sistema. Esto se logra empleando semilla certificada, situación que no ocurre, siendo común el uso de semilla del cultivo anterior (semilla de costal), con problemas de impurezas, de germinación y contaminación por enfermedades, que es lo más grave, pues porta el agente causal del marchitamiento *Macrophomina phaseolina* L., que puede llevar al fracaso el cultivo desde sus primeros estados de crecimiento.

A lo anterior se suma el efecto negativo de la competencia entre individuos de la misma especie, que, por lograr un espacio para capturar luz, alargan sus tallos (etiología) sin que éstos engrosen, dando como resultado plantas poco desarrolladas y susceptibles al volcamiento.

- Ventajas de la Tecnología

Ahorro considerable en tiempo de operación (50%), traducido en ahorro de combustible, reducción de la cantidad de semilla por unidad de área, (reducción de costos), incremento del contenido de materia orgánica, y mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

Descripción de las máquinas sembradoras

Semeato

El equipo consta básicamente de tres compartimentos o tolvas, cada una con una función definida. La ubicada en la parte delantera (abonadora) contiene el fertilizante para labores de abonado al momento de la siembra; le sigue una tolva para semillas pequeñas y medianas, que son distribuidas por carretes acanalados móviles, en contacto directo con la semilla; el movimiento lateral de los carretes, hace que cada canal sea expuesto en menor o mayor grado para capturar semilla, incidiendo en la dosis distribuida en el lote. Por último,

y en forma de una pequeña caja, unida a la tolva de semilla pequeña se encuentra la tolva para siembra de pastos, y que permite sembrar ajonjolí; esta última consta de carretes acanalados móviles pero de tamaño más reducido; su principio de funcionamiento es idéntico al de los carretes para semillas medianas. El recorrido lateral de los carretes es gobernado por manijas roscadas ubicadas al lado derecho de la máquina y cuya función es la de exponer mayor o menor área de contacto para que las semillas se introduzcan y luego por medio de giros, se transporten y caigan a los ductos o bajantes de siembra. Fotos .9 y 10.

John Deere

Consta de unidades individuales de siembra y fertilización montadas sobre una doble barra, que a su vez soporta el resto de accesorios como los cilindros hidráulicos, las ruedas propulsoras, el tiro y las contrapesas que le confieren a la máquina mayor peso. La máquina combina un sistema mecánico, que es propulsado por las mismas ruedas de transporte mediante ruedas dentadas y cadenas; junto a un sistema de vacío (neumático) cuya función es generar una fuerza de succión para que sostenga cada semilla contra el plato o disco de siembra ubicándola en cada celda, hasta que el giro del disco y por medio de cerdas, barra la semilla y la deje caer por el ducto que la deposita en la zanja de siembra. Fotos 11 y 12.

Es importante que la fuerza de succión sea correcta, pues si es poca, las semillas no se sostendrán en el plato y si es demasiada, las semillas quedarán tan pegadas al disco que no caerán por los ductos; en ambos casos la máquina no sembrará.

Calibración
de la máquina

El procedimiento descrito a continuación no difiere del empleado para calibrar cualquier tipo de máquina sembradora convencional (tipo Apolo p. ej. la calibración); se debe repetir cada vez que se quiere establecer un cultivo en un lote. Se debe hacer mantenimiento periódico a las máquinas para tenerlas ajustadas y engrasadas, con el fin de hacer una siembra en óptimas condiciones técnicas.

Información básica a considerar:

- Perímetro de la rueda en metros.
- Distancia entre surcos en metros.
- Peso de semillas recolectado durante diez vueltas de la rueda (s) propulsa, en gramos.

Materiales:

1. Gato Hidráulico
2. Flexómetro
3. Bolsas plásticas
4. Balanza gramera
5. Calculadora y/o lápiz y papel.

Procedimiento

1. Llenar las tolvas con semilla (dos si son cuatro, tres si son seis)
2. Elevar la rueda propulsora por medio de un gato hidráulico, para que gire libremente.
3. Medir con el flexómetro el perímetro de la rueda, colocándolo por el centro del contorno.
4. Colocar las bolsas en los bajantes.
5. Girar unas cinco vueltas la rueda, hasta purgar el sistema; la semilla recibida se vierte nuevamente en las tolvas.
6. Colocar las bolsas en los bajantes nuevamente.
7. Girar 10 vueltas la rueda propulsora.
8. Pesar las bolsas con la balanza.
9. Efectuar cálculos.

Ejemplo:

Se quieren establecer 150.000 plantas/ha de ajonjolí con un 90% de germinación; calibrar una sembradora de siembra directa para que siembre a razón de 1 kg/ha, con una distancia entre surcos de 0.5 m.

- Lo primero que se debe calcular es cuánto pesan 150.000 semillas de ajonjolí; para ello:

Se sabe que en promedio 1000 semillas pesan 3.2 gramos, es decir que una semilla pesa: $3.2/1000 = 0.0032$ gramos. Entonces, las 150.000 plantas pesarán: $150.000 \text{ plantas} \times 0.0032 \text{ g} = 480 \text{ g}$ ó 0.480 kg.

Como se asume un 90% de germinación, entonces a la densidad que se tiene hay que incrementar un 10%, ($0.480 \text{ kg} \times 1.10 = 0.528 \text{ kg}$), pues este porcentaje no germinará. En realidad se deben emplear 0.528 kilos ó 528 gramos para sembrar.

Sabiendo la cantidad real a sembrar, se calcula cuánta semilla debe bajar en cada chorro, al momento de calibrar la máquina. Si la sembradora es de cuatro chorros cada uno a 50 cm y la rueda propulsora tiene de perímetro 2.5 metros, se tiene que:

- Diez vueltas de la rueda equivalen a 2.5 m x 10 vueltas = 25 m, o sea, la rueda ha recorrido 25 m.
- El área cubierta o de barrido es igual a: 25 m x 0.5 m x 4 chorros = 50 m².
- Empleando una regla de tres simple:

$$\begin{array}{r} 10000 \text{ m}^2 \text{-----} 0.528 \text{ kg} \\ 50 \text{ m}^2 \text{-----} X \end{array}$$

$$X = \frac{50 \text{ m}^2 \times 0.528 \text{ Kg}}{10000 \text{ m}^2} = 2.64 \text{ g}$$

Por los cuatro chorros deben caer 2.64 g de semilla, y por cada uno 0.64 g.

Este dato es muy importante porque a la hora de calibrar la máquina, se sabe si está bajando demasiada o poca semilla; en síntesis, se busca que por cada chorro baje aproximadamente un gramo de semilla.

Las calibraciones con la SEMEATO o Apolo deben ser un poco más tolerantes, pues no son tan precisas como la máquina John Deere neumática. En el caso de Apolo hay que contar con los discos distribuidores de semilla, adecuados para el tamaño del ajonjolí.

Se procede luego a calibrar la máquina de la siguiente forma:

1. Se llenan las tolvas con semilla (no necesariamente deben ser todas, con dos es suficiente).
2. Se levanta la rueda propulsora con un gato para que gire libremente y se mide su perímetro (2.5 m).
3. Se purga el sistema, haciendo girar la rueda propulsora unas dos vueltas hasta que todos los chorros se llenen de semilla.
4. Se colocan bolsas plásticas en los bajantes asegurándolas bien, anotando previamente su peso (4.1 y 4.2 g) y promediándolos (4.15 g).
5. Se hace girar la rueda 10 veces.
6. Se pesa lo recibido en cada bolsa y se resta el peso de la bolsa.

Al hacer girar por primera vez la rueda propulsora, las dos bolsas pesaron 7.3 g y 6.5 g respectivamente, que restando el peso de las bolsas da:

$$7.3 \text{ g} - 4.15 \text{ g} = 3.15 \text{ g} \text{ y } 6.5 \text{ g} - 4.15 \text{ g} = 3.35 \text{ g}$$

Los cálculos preliminares indican que por cada chorro deben bajar 0.64 gramos de semilla (máximo 1 gramo), para las diez vueltas; siendo así, los datos anteriores no corresponden, por lo que se debe recurrir a correr los carretes en el caso de SEMEATO, para que el plato gire más despacio; o en Apolo, cerrar la ventana que está debajo de la tolva o tapar los agujeros del disco, para disminuir la salida.

En el segundo intento, al girar la rueda 10 veces, dió como resultado, descontando el peso de bolsa, 0.95 y 0.9 gramos, peso de semilla que se encuentra dentro de lo previsto; de este modo se finaliza la operación de calibración.

Evaluaciones semicomerciales y comerciales.

Se evaluaron a lo largo de dos años, dos líneas promisorias de ajonjolí L - 4 y L - 198, en fincas de agricultores y comunidades indígenas en más de 200 hectáreas en siembra directa con la sembradora Max Emerge de Jhon Deere y con la participación activa de las agroindustrias aceiteras: Aceite Angelita, (Bogotá), Coopaltol, (El Espinal), Alimentos y procesos, (Guamo), y Aceites Rendidor, (Bogotá).

Tabla 1.

Tabla 1. Evaluaciones agronómicas a nivel de productores 1997 - 1998.

Municipios	Comunidades y asociaciones	Área / Ha	Línea	Prod / Hect
Natagaima				
Coyaima				
Ortega			L - 4	650
Guamo	20	238	L - 198	800
El Espinal				

Se generó un nuevo manejo agronómico del cultivo del ajonjolí que mostró ser el más rentable y más sostenible, con diferencias en ingresos netos por hectárea de \$371.700/ha y una reducción de costos del 30 %, explicado básicamente por la adopción de las líneas tolerantes al enrollador y precoces y a los sistemas de plantío directo. Tabla 2.

SISTEMAS DE LABRANZA Y SIEMBRA

Se evaluaron cinco tipos de sembradoras implementadas para realizar la siembra directa; la más funcional fue la sembradora de vacío y de plantío directo Max Emerge, de la John Deere, con la cual se sembraron más de 100 hectáreas sin realizar distanciamientos y raleos, reduciendo los costos de producción

Tabla 2. Costos del cultivo de ajonjolí (\$/ha) julio de 1997

		Cultivo Con siembra directa	Cultivo Tradicional
1. INSUMOS			
Semilla	2 kg /ha - @ \$1000/kg	2.000	8.000
Herbicida	4 l/ha - @ \$10.000/l	40.000	40.000
Fertilizante	3 bto/ha - @ \$18.000/bto	54.000	54.000
Costales	20 un/ha - @ \$500/un.	10.000	6.500
Pesticida	(2x0.7kg/ha) - @ \$12.000/kg	16.800	100.000
Subtotal		122.800	208.500
1. MANO DE OBRA			
Limpieza	2.0 Jor/ha @ \$8.500	17.000	85.000 (10)
Apl. Pesticida	2.0 Jor/ha @ \$8.500	17.000	34.000 (4)
Apl. Abono	1.0 Jor/ha @ \$8.500	8.500	17.000 (2)
Emburrado (corte)	0.5 Jor/ha @ \$8.500	68.000	68.000 (8)
Trilla /empaquet	0.5 Jor/ha @ \$8.500	51.000	51.000 (6)
Vigilancia	2.0 Jor/ha @ \$8.500	17.000	17.000 (2)
Subtotal	9.0 Jor/ha	178.500	272.000 (32)
2. MAQUINARIA			
Preparación cincel	2 Pases @ (0.5ha/h) 2.0 h	20.000	60.000
Aplic. Herbicida	1 Pase @ (4.0ha/h) 0.25 h	5.000	5.000
Siembra	1 Pase @ (1.2ha/h) 0.83 h	25.000	15.000
Cultivada	1 Pase @ (1.5ha/h) 0.66 h	14.000	12.000
Corte	1 Pase @ (1.5ha/h) 0.66 h	18.000	
Trilla	1 Pase @ (2.0ha/h) 0.50 h	16.000	
Recolección	@ (2.0ha/h) 0.50 h	9.000	9.000
Subtotal	5.4h	107.000	101.000
Subtotal costos directos del cultivo		408.300	581.500
Asistencia Técnica		20.000	20.000
Total costo del cultivo		428.300	601.500
Valor producción \$800/kg (@ 1000 kg/ha)		800.000	800.000
Ingreso Neto por hectárea		371.700	198.500

por este concepto entre \$80.000 y \$120.000 / ha. Al realizar siembras de materiales genéticos de diferente porte y número de ramas, se evidenció que las altas densidades incrementan la producción en todos los genotipos de ajonjolí. Vale la pena anotar que para todos los genotipos se utilizó entre 900 y 1200 g/ha de semilla para la siembra y no se realizaron distanciamientos ni raleos. Tabla 3. Fotos 13 y 14.

Tabla 3. Siembras directas con la sembradora Max Emerge de seis genotipos de ajonjolí y su efecto sobre los componentes de rendimiento y la producción. C. I. Nataima 1998 b.

Genotipo	No. ramas	Número plantas/ha	Altura planta (cm)	Altura cardo (cm)	Capsulas totales	Rendimiento (kg/ha)
Ica Ambalá	0	110.000	190	46	124	1.340
Ica Pacandé,	2 - 3	88.000	161	63	87	865
Arauca y Vichada	3 - 4	140.000	151	67	134	1.495

Distancia entre surcos 0.5 m Distancia entre plantas 0.1 - 0.2 m Semilla: 2.0 kg/ha

En el segundo semestre de 1998 se realizó un experimento de siembra directa comparado con el sistema de siembra convencional, con un manejo agronómico similar en ambos casos; la única variante consistió en que la mitad del área fue sembrada con el sistema preparación convencional y la restante con el sistema de siembra directa; el control de maleza con Alaclor sólo se realizó en el sistema de siembra convencional.

Preparación convencional

Arado y tres pases de rastrillo; siembra con sembradora mecánica y tractor con una densidad de 6 kg de semilla/ha; control químico de maleza con Alaclor, aplicado en pre-emergencia al cultivo y a las malezas.

Preparación para siembra directa

Aplicación de 2 litros de glifosato + 1.5 litros de vinagre en 100 litros de agua, aplicados con bomba de espalda.

Siembra directa

Se utilizó la misma sembradora mecánica y tractor con densidad de 6 kg/ha. No se hizo control de maleza con Alaclor. Raleo y distanciada a los 12 ddg, dejando una a dos plantas por sitio y a una distancia de 15 a 20 cm en el surco.

Fertilización

Se dividió en dos aplicaciones: a los 15 y 25 ddg utilizando como fuentes fertilizantes inorgánicos simples, en dosis correspondiente al análisis de suelo. No se realizaron las labores tradicionales de cultivada y aporque.

Manejo de insectos plaga

3 aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* (Bt) para control del enrollador del ajonjolí; 2 aplicaciones por focos para control del ácaro blanco, con un extracto llamado "Pracaros".

Cosecha totalmente manual

Corta, engavillada, sacudida y empaque.

De acuerdo con los resultados de los análisis de varianza no se observaron diferencias estadísticas en las variables población de ácaros, población de *Antigastra* y rendimientos entre la Línea 198 y la variedad ICA-Pacandé.

Tampoco se presentaron diferencias estadísticas entre los dos sistemas de labranza: convencional y siembra directa o apropiada, en cuanto a producción; sin embargo la población de *Antigastra* fue mayor en la variedad ICA-Pacandé con un área acumulada bajo la curva de progreso de 29.6 que corresponde a una presión de 0.70 larvas/planta, mientras que la línea 198 de ajonjolí reportó una área de 15.5 que corresponde a 0.35 larvas/planta. (Informe Anual Oleaginosas)

La población de ácaros fue muy baja, con áreas acumuladas de 11.4 y 10.6 que corresponde a 0.27 y 0.25 ácaros/hoja.

El análisis económico mostró que los costos de manejo con el sistema de labranza convencional fueron más altos que los costos del sistema de labranza apropiada.

La producción total por hectárea fue ligeramente superior en la siembra con labranza apropiada o siembra directa; el examen de los costos de producción, muestra que éstos son inferiores en \$89.500.00, para la siembra directa, representados principalmente en la preparación de suelos y control de malezas.

Con los valores obtenidos, la rentabilidad en el sistema de labranza cero o apropiada, es del 24.89% (\$169.500.00), durante los cuatro meses del cultivo de ajonjolí, y de 6.96% (\$53.600.00) para el sistema de labranza convencional, según se aprecia en el siguiente cuadro comparativo. Tabla 4.

Tabla 4. Análisis de rentabilidad del cultivo de ajonjolí en el municipio de Coyaima; siembra directa vs. siembra convencional, enero 1999.

Variable	Siembra directa	Siembra convencional
Producción total (kg./ha.)	1053	1030
Precio de venta (\$/Kg)	800	800
Valor total de la venta	850.400	824.000
Menos costos de producción (\$)	680.900	770.400
Ingreso bruto al agricultor (\$)	169.500	53.600
Rentabilidad en 4 meses (%)	24.89	6.96
Rentabilidad mensual (%)	6.22	1.74

Adicional al beneficio económico directo, hay otras ventajas de carácter ambiental para el suelo con labranza apropiada o labranza cero, como son:

- mejor conservación del suelo, que no se pierde con la escorrentía.
- mayor presencia de macro organismos habitantes del suelo como la lombriz de tierra.
- mayor contenido de materia orgánica en el suelo bajo labranza apropiada o labranza cero: 0.71% frente a 0.49% en suelo con labranza convencional, según análisis de laboratorio.

Para pequeños productores ha resultado muy adecuada la siembra directa con tracción animal. Foto 15.

La nutrición del ajonjolí

Elementos como carbono, hidrógeno y oxígeno constituyen entre el 85% y el 90% del peso total de una planta y entre el 10% y el 15% restante, está conformado por N, P, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Mn, Fe, Co, y Mo, según Lira (1994).

Dado que la naturaleza aporta permanentemente carbono, hidrógeno y oxígeno, la responsabilidad del agricultor ante la producción de ajonjolí, debe ser velar por la disponibilidad de menos del 15% de las necesidades totales de nutrientes; a pesar de ser relativamente baja esa proporción, en nuestra agricultura sólo en contadas oportunidades se brinda al cultivo esta nutrición.

Una buena fertilización, basada en el análisis de suelo en el laboratorio, brinda al cultivo de ajonjolí, mayores opciones para que tenga un adecuado balance nutricional, con cosechas de mejor calidad y mayor productividad.

Función de los nutrientes y sus deficiencias

Nitrógeno

Forma parte de las proteínas, incluyendo las que conforman las paredes celulares. Su deficiencia en el Ajonjolí se evidencia por una coloración verde pálida en las hojas superiores; en estado avanzado hay amarillamiento de las hojas viejas, (9).

Fósforo

Es el nutriente de la energía, encargada de captar la energía solar en el proceso de fotosíntesis, para distribuirla en todas las células, dosificándola en el desarrollo los procesos metabólicos. Su escasez se identifica por una coloración verde fuerte en las hojas superiores, con tonos morados y plantas de bajo porte.

Potasio

Elemento transportador y amortiguador por excelencia en ajonjolí, ayuda a equilibrar la utilización del agua dentro de la planta. Permite amortiguar las fluctuaciones de sequía y de exceso de agua en este cultivo. Su limitación en la absorción del suelo, se manifiesta con decoloraciones pardas y una quemazón en los márgenes de las hojas más viejas,(25).

Magnesio

Es el elemento que aglutina las moléculas de clorofila, mejorando la eficiencia fotosintética en la medida que su aporte desde el suelo a las plantas sea eficiente. La deficiencia en este cultivo se aprecia en las hojas viejas, con decoloraciones amarillentas intervenales; en estado avanzado se presentan colores rojo-morados de los bordes hacia el centro.

Calcio

Hace parte estructural en las paredes celulares. Su baja concentración en el cultivo conduce a ruptura de paredes tanto de las células como de sus órganos. En el ajonjolí su ausencia se manifiesta en un retraso de la aparición de las primeras hojas y en un deterioro de las yemas terminales, (9).

Azufre

En el ajonjolí hace parte de las proteínas y enzimas, pues es parte de las moléculas de los aminoácidos: cistina, cisteína y metionina. Su deficiencia se manifiesta por colores verde pálido a amarillo de las hojas jóvenes principalmente incluyendo las venas. Es uno de los micoelementos más importantes en las oleaginosas; su adición en suelos con deficiencias, incrementa los porcentajes de aceite hasta en tres por ciento.

*Cobalto
Molibdeno*

Son los nutrientes necesarios para la absorción y metabolismo del nitrógeno. Su inadecuada asimilación en el ajonjolí se hace evidente por marchitez en las hojas jóvenes con necrosis marginal.

Boro

En el ajonjolí se encarga de permitir el metabolismo de los azúcares, en especial de aquellas reacciones involucradas en su migración desde los sitios de síntesis (hojas), hasta los lugares de almacenamiento a la cápsula y semilla. Su deficiencia es evidente a través de las hojas amarillentas cercanas al punto de crecimiento, y las yemas de desarrollo se observan en tejidos muertos de color blanco.

*Zinc - Cobre
Manganeso*

Son elementos activadores, que actúan en el ámbito de una amplia gama de procesos enzimáticos y catalizadores, para la creación metabólica de proteínas, grasas y azúcares. Las deficiencias de zinc se puede apreciar con el bronceado de las hojas superiores, como también necrosis intervenal en hojas viejas y las de manganeso y cobre, manifiestan su sintomatología a nivel de hojas jóvenes con amarillamiento rojizo y marchitez, respectivamente, (25).

*Fertilización
eficiente
en ajonjolí*

En el cultivo tecnificado de ajonjolí, la fertilización participa aproximadamente con el 20% de los costos de producción. Se sugiere el uso del análisis de suelo como herramienta básica para recomendar fertilizantes. Es posible disminuir significativamente los costos de producción, cuando los planes de fertilización se ajustan al nivel de fertilidad natural del suelo. El ajonjolí es buen extractor de nutrientes del suelo, máxime cuando para su cosecha se apilan los tallos para luego sacudirlos; en muchos casos el tamo se quema y no retorna al suelo. Solamente bajo un correcto abastecimiento de nutrientes se pueden obtener rendimientos satisfactorios, pues esta especie en sus primeros estadios y dado su rápido crecimiento, demanda una elevada cantidad de ellos.

Foto 16

Los niveles totales de extracción son altos y de estos valores cerca del 70% de N P K son retirados en la cosecha, de donde menos del 10% absorbido retorna al suelo con los residuos. Aunque la investigación realizada en nuestro medio es escasa, sobre la respuesta del ajonjolí a la fertilización edáfica, se han logrado establecer algunas pautas generales como fuente, época de aplicación, método de aplicación y dosis; las dosis de fertilizantes señaladas a continuación, constituyen un rango dentro del cual se pueden cubrir los requerimientos básicos del cultivo en las principales zonas productoras del Tolima y el Huila. basadas en datos de investigación y análisis de suelo; Tabla 5.

Tabla 5. Guía de fertilización para Ajonjolí según análisis de suelo, para el valle cálido del alto Magdalena.

Resultados del análisis de suelo			Fertilización recomendada en		
N (mg/kg)	P (ppm)	K (mg/100g)	N	P	K
<1.5	<10	<0.20	40 - 60	50 - 70	40 - 60
1.5 - 2.0	10 - 20	0.20 - 0.40	20 - 40	30 - 70	20 - 40
>2.0	>20	0.40	0 - 20	0 - 30	0 - 20

Fuente, ICA 1992.

Mazzani (1983), sugiere el preabonado con fósforo y nitrógeno como sulfato de amonio con los cuales incrementó en 100% los rendimientos de ajonjolí en Araure (Venezuela); sin embargo hay que tener cuidado con el sulfato de Amonio en suelos cuyo pH sea inferior a 6.5, por su poder acidificante. Se puede creer también que la mayor influencia se debe al fosfato preabonado.

Bascones y López citado por Mazzani (1983), sugieren las concentraciones en porcentaje según la Tabla 6.

Tabla 6. Niveles de nutrientes en hoja para la planta de ajonjolí.

	N	P	K	Ca	Mg
Hojas Normales	3.9	0.34	2.2	2.1	0.4
Hojas Deficientes	2.0	0.2	0.88	0.6	0.15

Fuente, Castro 1996.

El abono o fertilizante debe colocarse en bandas enterrado con abonadora de disco, para hacer el menor movimiento posible de suelo entre las calles, hecho que posiblemente reactivaría la germinación de una nueva población de malezas.

Epocas de aplicación del fertilizante:

1. Al momento de la siembra: en caso de que el suelo lo requiera, aplicar con sembradora abonadora la totalidad del fósforo, el azufre y los micronutrientes; se aconseja elegir como fuentes, el fosfato tricálcico (rocas) en suelos ácidos y fosfatos monocálcicos (SFT) en neutros o ligeramente alcalinos.

2. Cuando las plantas tengan hojas (15 a 20 días): aplicar un 1/3 del nitrógeno como urea si el pH del suelo es ácido y sulfato de amonio en pH's alcalinos, con el 50% de la dosis del potasio, teniendo como fuente el cloruro de potasio.
3. Fase reproductiva: cuando las plantas entren en floración, aplicar la segunda dosis de nitrógeno y el restante de potasio, para favorecer la acumulación en llenado de grano.

Debido a que la mayoría de los suelos del valle del alto Magdalena son especialmente deficientes en azufre, boro, zinc y manganeso y teniendo como base el análisis de suelo, es conveniente suministrarlos al momento de la siembra, con fuentes granuladas. Si se aprecian deficiencias en el desarrollo del cultivo y en la medida que los costos lo permitan, se puede aplicar foliarmente como quelatos al 3%, durante los primeros 45 días (5); Una vez transcurre esta etapa, ninguna fertilización es eficiente para la nutrición del cultivo. Foto 17.

EVALUACION DEL EFECTO DE 5 NIVELES DE RIEGO Y FERTILIZACION NITROGENADA SOBRE CULTIVARES DE AJONJOLI

Se evaluaron dos materiales genéticos de ajonjolí ICA Pacandé y la línea promisoría No.4, bajo tres niveles de riego y dos niveles de nitrógeno, 60 y 100 kg/ha.

Los resultados evidenciaron que suelos con materia orgánica menor al 0.5% responde, a la fertilización nitrogenada; así mismo se demostró que el ajonjolí requiere niveles medios de riego y que para el caso de los niveles de nitrógeno la L-4 se adapta mejor a niveles bajos de nitrógeno en el suelo y a niveles medios de irrigación. Tabla 7.

El tamaño de la semilla se mide por el peso de mil semillas; en el material ICA Pacandé, se encontró que el mayor tamaño lo obtiene el material en forma significativa en el nivel medio de agua y la L-4 en forma altamente significativa en el menor nivel de riego. Tabla 8.

Rotación de cultivos y abonos verdes

El uso intensivo de estos sistemas tropicales de producción en siembra de ajonjolí ha traído como consecuencia una rápida destrucción de los contenidos de materia orgánica del suelo, donde los mas recientes análisis muestran valores inferiores al 1%, en suelos de esta zona. Esto trae secuelas graves en reducción de la disponibilidad nitrógeno, azufre y zinc en el terreno. Además este proceso, ha generado

Tabla 7. Rendimiento y variables agronómicas de dos genotipos de ajonjolí, sometidos a niveles de humedad y de fertilización nitrogenada. Corpoica - C.I. Nataima - Espinal, 1997.

Genotipo	Tratamiento		Variables						
	Nivel de riego	Fertilización nitrogenada	Rendimiento	Altura plantas	Altura Efectiva de caudex	Producción de forraje	Biomasa aérea	Biomasa total	IC
			Kg/ha	Cm	Cm	T/ha	Kg/ha	Kg/ha	%
ICA	R1	N1	927.1	148.2	83.2	14.2	4523.0	344.7	65
PACANDE	R1	N2	1206.0	170.5	104.0	14.0	6460.8	559.1	66
	R2	N1	956.3	143.5	80.0	14.2	3802.8	241.5	63
	R2	N2	1162.5	159.7	86.2	12.7	4810.7	301.5	73
	R3	N1	807.7	127.9	72.8	12.1	3234.6	193.1	55
	R3	N2	987.0	141.3	77.3	12.7	5016.3	289.1	64
LÍNEA L-4	R1	N1	825.0	161.3	102.8	12.2	4764.6	270.6	59
	R1	N2	673.8	146.2	92.4	11.5	2752.3	172.9	54
	R2	N1	866.5	153.7	93.3	13.4	3255.0	171.7	60
	R2	N2	704.2	136.8	84.6	12.5	2953.5	199.6	53
	R3	N1	780.1	135.5	78.4	13.0	4235.8	250.7	57
	R3	N2	593.4	120.6	71.1	10.9	2676.1	169.5	49

IC: Índice de cosecha N1, N2: Fertilización nitrogenada de 60 y 100 kg/ha, respectivamente

Fuente: Pruebas de campo en el lote experimental I-7. Dic-Feb/97

Tabla 8. Peso de 1000 semillas (g) de dos variedades de ajonjolí bajo tres niveles de riego y de fertilización nitrogenada (kg/ha). Corpoica Nataima - Espinal, 1997.

GENOTIPO	Nivel de riego					
	1		2		3	
	60	100	60	100	60	100
ICA - PACANDE	2.85	3.03	3.10	3.00	2.88	2.83
Media	2.94		3.05		2.83	
LÍNEA L-4	2.80	3.03	3.13	3.23	3.35	3.35
Media	2.91		3.18*		3.35	
MEDIA	2.83	3.02	3.11	3.11	3.11	3.08
PROMEDIO	2.93		3.11		3.10	
R ²	0.30		0.15		0.50	
C.V.	10.6		10.5		11.5	

Fuente: Pruebas de campo en el lote experimental I-7 Dic.- feb/97

** Diferencias significativas al 1% $P < 0.01$ x fila entre niveles de riego

* Diferencias significativas al 5% $P < 0.05$ x columnas entre variedades

R²: Coeficiente de determinación C.V.: Coeficiente de variación

problemas en las propiedades físicas como la estabilidad de agregados, retención de humedad y encostramiento superficial de los suelos; Consecuencia de esto, es el aumento en la dosis de urea y enmiendas químicas, para mantener una productividad que en el corto tiempo tiende a decrecer, pues el deterioro a nivel físico y biológico ha llegado a su máxima expresión.

La quema frecuente a los residuos de cosecha, unido al uso intensivo de implementos de labranza basados en discos, que incorporan las socas de cosecha, así como las altas temperaturas ambientales, crean tasas de mineralización que superan la entrada de material orgánico al suelo, generando un desbalance peligroso para su sostenibilidad. Un análisis de suelos de la serie Dindalito (Espinal Tol.), logró identificar que para el año 86 existía un promedio de 1.35% de materia orgánica que descendió en seis años a 0.9% promedio para los diferentes lotes; si se tiene en cuenta que cada 0.1% de materia orgánica en este caso, equivale a 165 kg/ha de nitrógeno, se ha perdido un total de 742.5 kg/ha de este elemento en ese lapso para este sitio, (16). Foto 18.

La rotación y asociación de cultivos es la base técnica para mantener una producción estable en los agroecosistemas comerciales de ajonjolí a través del tiempo, especialmente en economías campesinas. Los monocultivos acarrearán una absorción selectiva de los nutrientes, aumentan la incidencia de insectos plagas y enfermedades, y desmejoran la calidad y cantidad de la materia orgánica del suelo, (1). Es conveniente rotar cultivos de hoja ancha como el ajonjolí con especies de hoja angosta como sorgo, maíz y millo, para mantener el equilibrio biológico dentro del sistema del cultivo; entre más largo sea el tiempo de intercalación de cultivos, mayor beneficio se obtendrá de la rotación; se pueden hacer cultivos intercalados en áreas de economía campesina, involucrando abonos verdes como crotalaria, mungo y caupí, este último para formar parte de la dieta alimenticia de la comunidad; También son comunes las asociaciones maíz-ajonjolí y yuca//ajonjolí, mejorando la base biológica y ganando eficiencia en tiempo y espacio. Esta idea debe ser revisada con base en la aptitud de uso del suelo y las condiciones microclimáticas de cada región.

La rotación incluye abono verde como fuente de nitrógeno, que reducirá la aplicación de fuentes químicas, como la urea y el sulfato de amonio en el tiempo. Por otra parte, se han encontrado efectos alelopáticos al sembrar crotalaria, con

relación a malezas como coquito (*Cyperus rotundus*), algunos bejuocos tipo batatilla (*Ipomoea* sp.) y piñita (*Murdania nudiflora*), (12), ejerciendo un control de estas malezas en los 10 a 15 días aproximado, después de cortar la crotalaria sobre la superficie del suelo; esto último sugiere que el material debe ser cortado y dejado en superficie y no incorporado con implementos de labranza; con lo primero se protege mejor el suelo de factores climáticos abversos. Investigaciones en el C.I. Nataima sobre el tema, sugieren que la rotación Sorgo - Ajonjolí reduce la incidencia de plantas competidoras como "Lagaña de Perro", "Guarda Rocío" y "Viernes Santo" dentro del concepto de labranza reducida ya mencionada, (12). Foto 19.

**EVALUACION
DEL EFECTO
DE ABONOS
VERDES DE
INTERCALAMIENTO
DE LEGUMINOSAS
CON EL CULTIVO
DEL AJONJOLI.**

Se evaluaron tres leguminosas de grano, frijol caupí (*Vigna unguiculata*), frijol mungo (*Vigna mungo*) y guandul (*Cajanus cajan*) como abono verde, 30 y 60 kg de nitrógeno por hectárea, como fuente de nutrientes en el cultivo del ajonjolí. Así mismo se evaluó el intercalamiento. La incorporación del abono verde se realizó a los 25 días de edad de la leguminosa.

Se encontró que el frijol caupí incrementó en 600 kg/ha la producción de ajonjolí con respecto a la mayor fertilización nitrogenada y 700 kg/ha con respecto al testigo. Los intercalamientos no fueron exitosos debido a que las leguminosas tienen mayores tasas de crecimiento y afectan significativamente el crecimiento del ajonjolí. Se encontró que el caupí fija 47 kg/ha de nitrógeno, equivalente a 101 bultos de úrea y adiciona al suelo 9.5 kg/ha de azufre. Tabla 9

Tabla 9. Efecto de las leguminosas de grano sobre la producción de cultivo sobre la producción del cultivo del ajonjolí y sobre la fertilidad del suelo. C.I. Nataima, 1997.

Sistema de cultivo	Producción kg/ha	Fijación N ₂ kg/ha
Ajonjolí (O)	206	—
Caupí (abono verde)* - ajonjolí	903	47
Mungo (abono verde) - ajonjolí	639	30
Guandul (abono verde) - ajonjolí	561	28
Ajonjolí + 30 kg N ₂ /ha	355	
Ajonjolí + 60 kg N ₂ /ha	351	
Ajonjolí // caupí	200	
Ajonjolí // guandul	197	
Ajonjolí // mungo	146	

La combinación en secuencia o relevo de leguminosas como abonos verdes y cultivos comerciales, es específica de acuerdo a sus requerimientos; esto se traduce en que caupí, crotalaria, mungo, cannalia, son cultivos que aportan nitrógeno y/o semillas en los sistemas de producción cálidos de secano, en los cuales están presentes cultivos de algodón, maíz, sorgo, ajonjolí, yuca, etc. Estas leguminosas son bastantes precoces especialmente las vignas (caupí, mungo) que florecen entre 25 y 35 días y se cosechan entre 55 y 65 días permitiendo su siembra antes del cultivo principal en rotación como sigue, caupí-cultivo 1 (semestre A) y caupí-cultivo 2 (semestre B) con producciones en grano entre 800 – 1500 kg/ha y entre 3-6 t/ha/año de materia seca, (16). En sistemas intercalados caupí//cultivo (maíz, algodón, ajonjolí, yuca, etc.) el caupí genera una cobertura que impide el desarrollo de malezas, aporta nutrientes y conserva la humedad del suelo. La fijación de nitrógeno de las vignas puede ser mayor de 150 kg/ha de N orgánico. Liger y Méndez 1996, encontraron, que los rastros de Caupí, luego de la cosecha aportaron entre 80-91.4 kg/ha de N-orgánico, y como abono verde cortado antes de la floración (35 días) los valores varían entre 80-130 kg/ha de N. El maíz se vio favorecido en la rotación caupí-maíz con producciones de 3.3 t/ha frente a 2.4 t/ha en el monocultivo, y el nivel de materia orgánica después de cinco años de asociaciones y rotaciones con caupí, aumentó entre 9-14%, mientras que en el suelo con monocultivo de algodón y maíz disminuyó entre 14-24%.

SISTEMAS DE CULTIVO

Se evaluaron durante cuatro semestres consecutivos el sistema rotacional Caupí – Ajonjolí con siembra directa por semestre para lograr cuatro cosechas al año utilizando líneas precoces de caupí y de ajonjolí L – 3, L – 4, L – 198. Fotos 20 y 21.

El sistema anual es: caupí – ajonjolí – caupí – ajonjolí haciendo coincidir las siembras del ajonjolí con el establecimiento de las lluvias en los dos semestres.

Fechas de siembra del caupí: Enero 15 – Enero 30 y Julio 15 – Julio 30. Fechas de siembra del ajonjolí: Marzo 25 – Abril 10 y Sept. 30 – Octubre 15

Las producciones del caupí fueron de 800 kg/ha y de ajonjolí de 800 kg./ha. Este sistema de cultivo por semestre tuvo un costo de producción de \$376.973/ha para el caupí y de \$326.300/ha para el ajonjolí con un costo total de \$703.273/ha/ semestre. Los ingresos netos para el caupí fueron de \$750.000/ha y para el ajonjolí de \$720.000/ha para un total de \$1.470.000 dejando una utilidad de \$766.727/ha/semestre. Tabla 10.

Tabla 10. Costos del sistema de cultivo caupí – ajonjolí. 1998

	Cultivo frijol caupí (\$)	Cultivo ajonjolí (\$)
1. INSUMOS		
Semilla	35.000	2.000
Herbícida	40.000	40.000
Fertilizante		54.000
Costales	10.000	10.000
Pesticida	14.973	16.800
Subtotal	99.973	122.800
2. MANO DE OBRA		
Limpieza	17.000	17.000
Aplic. Pesticida	8.500	17.000
Aplic. Abono		8.500
Emburrado (corte)		4.250
Secado	8.500	
Trilla/empaque	51.000	4.250
Vigilancia		17.000
Varios (recolección)	119.000	8.500
Subtotal	204.000	76.500
3. MAQUINARIA		
Preparación cincel	20.000	20.000
Aplic. Herbícida	5.000	5.000
Siembra	25.000	25.000
Cultivada	14.000	14.000
Corte		18.000
Trilla		16.000
Recolección	9.000	9.000
Subtotal	73.000	107.000
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS DE CULTIVO	376.973	306.300
Asistencia técnica		20.000
Total costo del cultivo	326.973	326.300
Valor producción	750.000	720.000
Margen bruto por hectárea	373.027	393.700
TOTAL Utilidad/ha/semestre		766.727



Foto 1. Suelos característicos de zonas ajonjoliceras con textura francoarenosa y bajo nivel de precipitación, en áreas semiáridas del Tolima y Huila.



Foto 2. Condiciones de sequía en los suelos de las zonas ajonjoliceras; se evidencia el deterioro de las propiedades físicas, por el abuso en la labranza.



Foto 3. Rastra para preparar el suelo en labranza convencional. El uso intensivo de este implemento puede acabar con las propiedades del suelo y reducir la productividad del sistema de ajonjolí.



Foto 4. Control de material vegetal en superficie por intermedio de desbrozadora; esta operación se puede efectuar con guadaña dejando el suelo cubierto, para iniciar la labranza de conservación.



Foto 5. Cincel modificado con desterronador, para hacer una labranza vertical eficiente hasta 30 cm, lo cual reduce el número de operación de labranza en el campo.



Foto 6. Sembradora de tarros con doble disco enfrenado en la línea de siembra, ideal para lotes donde se inicie la implementación de labranza de conservación. Acepta terrones grandes en el suelo.



Foto 7 y 8. Prototipos de sembradoras para siembra directa, que no requieren de labranza previa en el lote; tienen un nivel de dosificación adecuado, gran peso y línea flotante, lo que permite colocar la semilla a la misma profundidad.



Foto 9 y 10. Sembradora SEMEATO y detalles de siembra directa de ajonjolí.

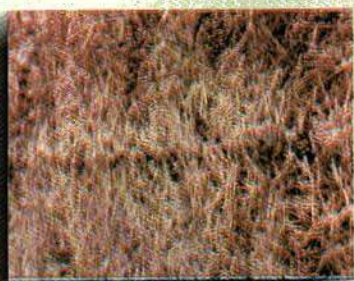


Foto 11 y 12. Sembradora Jhon Deere 708 de plantío directo.



Foto 13 y 14. Sembradora Max Emerge de siembra directa y de precisión; el sistema de vacío por medio de un vacum permite la siembra de precisión.



Foto 15. Siembra directa de ajonjolí con sembradora de tracción animal.



Foto 16. Balance equilibrado de nutrición en la planta teniendo como base el análisis de suelo, por medio de la dosificación de los elementos faltantes.

Foto 17. Abonadora acondicionada para aplicar el fertilizante a 7 cm de la planta en línea, enterrado y sin disturbar el suelo, haciendo una aplicación eficiente en el sistema de ajonjolí.





Foto 18. El sistema regional del ajonjolí comprende el asocio con cultivos como maíz o yuca en relevo.

Foto 19. Sistemas radicales de plantas de crotalaria y caupí, en los cuales se aprecia el nivel de nodulación para fijar nitrógeno. Son descompactadoras naturales para recuperar suelos con deficiencias atmosféricas.

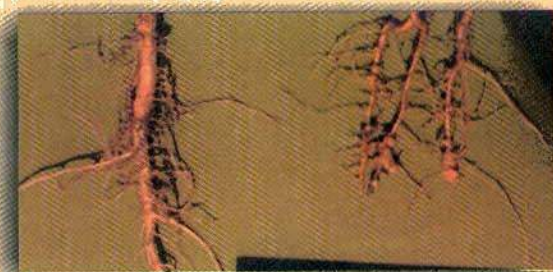


Foto 20. Siembra directa de ajonjolí sobre soca de fríjol caupí.



Foto 21. Cultivo de caupí en rotación con ajonjolí.

BIBLIOGRAFIA

1. ALTIERI, M. 1992. El Rol Ecológico de la biodiversidad en agroecosistemas, revista Agroecología y Desarrollo, No.4. CLADES, Santiago de Chile.
2. AYALA L. 1977. Estudio de algunos aspectos de la fijación simbiótica del nitrógeno por el maní (*Arachis hypogaea*). Agronomía tropical, Vol. XXVII, 4 de julio - agosto, Venezuela.
3. BARRACLOUGH P. Y WEIR A. 1988. Effects of a compacted subsoil layer on root and shoot growth, water use and nutrient uptake of winter wheat J. agric. Sc.
4. BURBANO, H. 1989. Suelo, Una visión sobre sus componentes biogénicos, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
5. CASTRO, H. 1996. Bases técnicas para el conocimiento y manejo de los suelos del Valle Cálido del Alto Magdalena. CORPOICA, Ibagué, Tolima.
6. CORTÉS, A. Y MALAGON, D. 1984. Los Levantamientos Agrológicos y sus Aplicaciones Múltiples. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Agrológica, Bogotá.
7. CIAT. Centro internacional de agricultura tropical. Unidades audiotutoriales. Preparación de suelos en zonas mecanizables.
8. GARAVITO, N.F. 1979. Propiedades químicas de los suelos. Instituto Geográfico «Agustín Codazzi», Subdirección Agrológica. Bogotá, Colombia.
9. GUERRERO R. 1991. Suelos de zona cálida, en fertilización de cultivos de clima cálido, Menómeros colombo-venezolana. División Técnica, Pp. 10-42.
10. HENAO, A.; CORREA, I. Y HERRERA, P. 1999. Manual de Preparación de Suelos y Mantenimiento de Maquinaria, CORPOICA, Regional Seis, Espinal, Tolima.
11. HENAO, A.; REY, L. Y RODRÍGUEZ, A. 1998. Estado actual y tecnológico de la mecanización en los sistemas de producción con base en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en el departamento del Tolima. Tesis: Ingeniero Agrónomo. Universidad del Tolima, Ibagué. 130 p.
12. HERRERA, P. 1996. Recuperación y manejo de suelos degradados con base en rotación de cultivos, abonos verdes y labranza reducida. Informe interno de trabajo, CORPOICA, C.I. Nataima.
13. _____ 1999. Aproximación a los problemas de degradación en el suelo y posibles soluciones Pg. 5-43. Memorias curso-taller CORPOICA-SENA, Santafé de Bogotá.
14. HERRERA, P. Y DÍAZ, a. 1998. Labranza de conservación, una alternativa para bajar costos. Revista ASIATOL. Julio-Octubre, Ibagué.

15. HERRERA, .P ; GARCÍA, E Y CORREA, I. 1995. Recuperación de suelos degradados de la zona plana cálida del valle del alto Magdalena (Municipio Beltrán, Cundinamarca). CORPOICA, en edición, Revista Nataima.
16. HERRERA, P. Y REY, L. 1996. Abonos verdes y cultivos de cobertura, una alternativa de manejo en suelos del Valle Cálido del Alto Magdalena, Revista ASIATOL, Julio-Octubre, Ibagué.
17. ICA Instituto Colombiano Agropecuario, 1975. Curso de maquinaria agrícola, Villavicencio, Julio. 149 p.
18. ICA Instituto Colombiano Agropecuario, 1986. Investigación sobre Requerimientos de Agua en Algunos Cultivos, en : Manual de Riegos y Drenajes. Tibaitata,
19. ICA. Instituto Colombiano Agropecuario. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación, Produmedios Manual de Asistencia Técnica No. 25, Bogotá, Colombia.
20. LIGER Y MÉNDEZ 1996. Caupí colorado, utilización en pequeñas parcelas. E.E.A, INTA, Corrientes, Argentina.
21. LIRA. R. 1994. Fisiología Vegetal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. De. Trillas, México.
22. MAZZANI, B. 1983. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Oleaginosas. FONAIAP. Venezuela.
23. MONTENEGRO G.H.: Y MALAGON C.D. 1990. Propiedades físicas de los suelos, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Subdirección Agrológica. Bogotá, Colombia.
24. PLA, I, 1977. Metodología para la Caracterización física con fines de diagnóstico de Manejo y conservación de suelos en condiciones de trópico. Instituto Edafológico, Maracay 112 p.
25. PPIC, POTASH & PHOSPHATE. INSTITUTE OF CANADÁ, 1988. Manual de Fertilidad de los Suelos. Primera impresión en Español. pp. 27 - 32.
26. SÁNCHEZ, P.1981. Suelos del Trópico, Características y Manejo Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica.
27. SENA Servicio Nacional De Aprendizaje. 1985 Guías de aprendizaje, Tractorismo. Módulos sobre preparación de suelos, labranza primaria y secundaria. Regional Valle, División Agropecuaria. Buga, 12 p.
28. UNGER W, P. 1988 Sistemas de labranza para la conservación del suelo y el agua. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Boletín de suelos de la FAO, No 54. Roma, . 288 p.

1907 Journal of the ...
and ...

*maria denis lozano tovar.
luis eduardo gómez caicedo.
roberto simmonds morales
eduardo barragán quijano.
leonardo rey bolívar.*

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS ENFERMEDADES Y MALEZAS

ENTOMOFAUNA ASOCIADA AL CULTIVO DEL AJONJOLI

En el sistema de producción con base en el cultivo del ajonjolí se alberga gran diversidad de especies de insectos. Desde el momento de la germinación se van estableciendo poblaciones de insectos, que tienen diferentes hábitos alimenticios e interactúan durante todo el desarrollo del cultivo.

La diversidad de la población de los insectos de un cultivo permite establecer relaciones entre ellos, que conducen a mantener un equilibrio ecológico. La explotación de estas interacciones involucra el diseño y manejo del agroecosistema entendiendo las numerosas relaciones entre suelos, microorganismos, plantas, insectos herbívoros y enemigos naturales, (1P)

La biodiversidad puede ser utilizada para mejorar el manejo de las plagas. Es posible estabilizar las poblaciones de los insectos en los agroecosistemas mediante estrategias que mantengan poblaciones de enemigos naturales o posean efectos disuasivos directos sobre los herbívoros plaga. (21P)

La agricultura es una actividad humana que lleva implícita la disminución de la biodiversidad y por tanto la pérdida de las características de autorregulación propias de las comunidades naturales; en una comunidad natural funcionan mecanismos naturales que van desapareciendo a medida que esta comunidad se simplifica; el manejo agroecológico de plagas se basa en restaurar una biodiversidad funcional, es decir, que ofrezca unos servicios ecológicos semejantes a los naturales bajo las condiciones de la producción agrícola. (21P)

PRINCIPALES INSECTOS PLAGAS DEL CULTIVO

La producción de los cultivos enfrenta problemas con organismos que afectan las plantas ocasionando pérdidas en la producción y aumentando los costos de manejo de los mismos, disminuyendo la rentabilidad de los agroecosistemas.

Los insectos plagas son uno de los elementos importantes en la problemática fitosanitaria de las plantas cultivadas; para enfrentar una situación crítica con artrópodos plagas es necesario adelantar un análisis con enfoque bioecológico apoyándose en los principios que gobiernan el funcionamiento del agroecosistema como: fluctuación y regulación de las poblaciones plagas, ciclo de vida, niveles de daño, factores de mortalidad, hábitos alimenticios, interacciones insectos-plantas, entre otros.

Enrollador del ajonjolí

Es un insecto de hábitos monófagos, que encontró en el cultivo del ajonjolí el medio óptimo para multiplicarse; es considerado un insecto plaga ya ocasiona daño económico al cultivo y por ello es necesario manejar sus poblaciones.

Pertenece al orden Lepidoptera, familia Pyralidae, género: *Antigastra*, especie: *Antigastra catalaunalis* (Duponchel). Su ciclo biológico tiene una duración de 23 a 25 días, es decir, que durante el ciclo del cultivo puede presentar tres o más generaciones; es conocido como el enrollador del ajonjolí y ataca la planta desde su emergencia hasta la madurez. Produciendo el mayor daño durante el estado vegetativo de la planta. Se alimenta de los terminales causando muerte de la plántula o estimulando el rebrote de ramas, prolongando el desarrollo vegetativo, con la disminución de la producción de cápsulas. (2,11 P).

Este insecto se encuentra ampliamente distribuido en el mundo: en Francia, Bélgica, Italia, Rusia, Turquía, varias islas mediterráneas, Siria, algunos países del África Tropical, India y Pakistán, (16). En Colombia ha sido registrado en todas las zonas productoras de ajonjolí. (20 P).

Durante el primero y segundo instar larval actúa como raspador, etapa ideal para el control puesto que la larva está expuesta; a partir del tercer instar emite hilos de seda enrollando hojas, flores, cápsulas, dificultando su control.

La mariposa, de hábitos nocturnos, coloca sus huevos en el envés de las hojas en forma individual, en el tercio superior de la planta o en los terminales; la larva recién emergida se encuentra generalmente en la base de las hojas, donde empieza alimentarse de la epidermis y parénquima de la capa superior. La hembra pone alrededor de 36 huevos durante 5 días, (12). y presenta periodos de oviposición de 4 a 8 días con un número variable de huevos entre 86 a 232, los cuales son ovipositados en su gran mayoría los tres primeros días (23). Después de dos días de incubación eclosionan las larvas, pasan por cinco instares y el periodo larval dura alrededor de 8 a 10 días en condiciones de El Espinal- Tolima. Foto 1.

Investigaciones en laboratorio muestran que el primer instar larval tiene una duración de 2.14 días, el segundo tiene un promedio de 1.25, y el tercero, cuarto y quinto instares de 1.15, 1.5 y 3.37 días respectivamente. (23 P)

Las larvas empupan en los terminales y en residuos de cosecha, (12). Después de 10 días las larvas bajan y empupan en el suelo, (16). En Colombia las pupas se observan generalmente en el borde de las hojas enrolladas o entre los cartuchos formados por cápsulas y hojas. Foto 2.

Los adultos (polillas), presentan dimorfismo sexual, siendo de un tamaño mayor la hembra; los machos tienen pilosidades más abundantes en el fémur y la tibia. Las alas son de color crema pajiza con líneas de color marrón. Foto 3.

Las primeras poblaciones se presentan entre los 10 y 15 días después de germinado el cultivo; las poblaciones más altas se han registrado entre los 60 y 70 días. En la gráfica 1 se observa que a partir de los 15 días de germinado el cultivo hay presencia de larvas de *Antigastra catalaunalis*, y aproximadamente a los 25 días la población del insecto supera el umbral económico (0,5 larvas/planta). El nivel más alto se registra a los 70 de germinado el cultivo, llegando a tres larvas/planta en la variedad Pacandé y menos de una larva/planta en Sesica.

Observaciones de campo de la dinámica poblacional de *Antigastra* en Haryana (India) muestran que la mayor población del insecto se presenta a los 74 días de edad del cultivo con un promedio de 3,16 larvas/planta, con temperaturas entre 23 y 31.9 grados centígrados y humedad relativa entre 61 y 91%, siendo estas las condiciones más favorables para su reproducción, (26 P).

El control del enrollador del ajonjolí ha sido una de las actividades más costosas en la producción de ajonjolí, contribuyendo hasta con el 30% de los costos de producción; tradicionalmente los agricultores utilizan insecticidas piretroides como el Fenvalerato o Decametrin altamente tóxicos, así como algunos productos organoclorados y organofosforados; entre 1992 y 1993 se evaluaron los insecticidas más comunes para el control del ajonjolí, así como inhibidores de quitina y varias presentaciones de *Bacillus thuringiensis* (Bt) con diferentes dosis para el control del enrollador; en el primer ciclo de evaluación el mejor control de la población del enrollador fue el Bt en forma de thuricide con una dosis de 700 g/ha de producto comercial, con dos aplicaciones y una producción de 754 kg/ha de ajonjolí, seguido del fenvalerato 300 en la presentación de Belmark con una dosis de 400 cc/ha y tres aplicaciones con

una producción de 675 kg/ha; el testigo en el cual no se realizó ninguna aplicación, arrojó una producción de 467 kg/ha, reduciendo la producción en 278 kg/ha con relación al mejor tratamiento que fue el Bt; el testigo presentó 137% mas población de la plaga que el mejor tratamiento, lo cual se traduce en una presencia del enrollador de 4.17 larvas/planta en el testigo y con el Bt de 1,7 larvas/planta; este último nivel aún es alto por lo cual se debe bajar la población mínimo a 0.5 larvas/planta.

Se encontró en este estudio que la presencia de una larva por planta de enrollador reduce la producción en 116 kg/ha, en la variedad ICA Pacande. Foto 4.

Los productos biológicos principalmente el *Bacillus thuringiensis* (Bt) en tres presentaciones y con varias dosis mostraron ser muy efectivos en el control del enrollador, reduciendo la población del mismo entre 161% y 319%. Tabla 1. Foto 5.

Tabla 1. Control del enrollador del ajonjolí (población acumulada) con base en diez productos químicos y biológicos C.I. Nataima, 1992-1993.

Producto	Semestres		1993 A
	1992 A	1992 B	
Belmark	38.1 E F*	73.1 F	52.4 D
Methavin 90	63.1 B C	115 D E	
RI 5922	32.5 F	89.1 E F	89.9 B C
Decis	45.5 D E	126.7 C D	86.6 C B
Dimilin	53.6 C D	136.7 C D	
Alsystin	51.8 D	145.6 B C	
Trueno	85.6 A	205 A	
Atabron	64.7 B	154 B	
Trueno			
Atabron			
Thuricide 500			80.5 B C
Thuricide 400			84.3 B C
Thuricide 700	30.0 F	77.6 F	55.4 D
Dipel 2X			87.4 B
Dipel 8L 600			66.1 C D
Dipel 8L 400			88.8 B
Testigo	70.7 B	171 B	232 A
CV %	10.6	7.27	7.34

* Valores con letras diferentes presentan estadísticamente diferencias significativas

El enrollador del ajonjolí afecta las variables de rendimiento del cultivo como altura de la planta, número de cápsulas / planta y producción. En la tabla 2, se observa una disminución del promedio de la altura de las plantas en las cuales no se realizó control del enrollador, lo mismo que en el número de cápsulas/planta debido a la caída de flores ocasionada por daño del insecto y un aumento de las cápsulas afectadas/planta y una reducción de la producción en un 25%.

Tabla 2. Comparación de Medias para las variables totales de cápsulas, rendimiento y porcentaje de cápsulas afectadas de cuatro tratamientos para el control del enrollador del ajonjolí. CORPOICA Centro de Investigación Nataima, El Espinal Colombia. (1996 B).

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Número de cápsulas/planta	Rendimiento g/parcela	Cápsulas afectadas%
Testigo	188.5 b	98 b	3.14 b	9.67 a
B.t.	209.2 a	131 a	4.33 a	3.67 c
Lufenuron	204.3 ab	125.83 a	2.98 c	5.67 b
Fenvalerato	218.8 a	119.73 a	4.067 a	1.67 c

Tukey 0.05: letras iguales no presentan diferencias estadísticas

El insecto causa pérdidas del 64% en cultivos de 60 días con infestaciones de 1.7 larvas/planta y de un 33% en cultivos de 73 días de edad con infestaciones de 2.9 larvas /planta. (2 P).

Trabajos de Investigación en Nueva Delhi reportan 20 especies de insectos plagas en el cultivo del ajonjolí, pero solamente *Antigastra catalaunalis* fue potencialmente limitante desde la germinación hasta la madurez (8). Los porcentajes de pérdidas correspondientes a 5, 10, 15, 20, 25 y 30% de infestación fueron estimados en 23.66, 44.22, 61.65, 75.98, 87.19 y 95.28% respectivamente. El alto valor monetario del porcentaje de pérdidas estimado muestran la necesidad del control de este insecto en el cultivo.

La ecuación cuadrática $Y = 64.2312 - 3.2441X + 0.0415X^2$ predice las pérdidas en el cultivo entre rangos de 152 kilos hasta 552 kilos por hectárea con niveles de infestación de 5 hasta 25 (8 P).

En trabajos de Investigación realizados en el Centro de Investigación Nataima - Espinal se observó que el insecto tiene preferencia por algunos genotipos de ajonjolí. En la Tabla 3 se observa que el área bajo la curva de progreso de

la población *Antigastra* en las variedades Ica Pacandé e Ica Ambalá llegó a 3.5 y 2.4 larvas/planta respectivamente; mientras que en los genotipos de ajonjolí Sesica, Líneas avanzada 3 y 4, presentan niveles de 1,15; 1.26 y 1.14 respectivamente, en parcelas sin tratamiento para control del enrollador..

Tabla 3. Índice de larvas/planta acumulada en los tratamientos con control y sin control en cinco variedades de Ajonjolí. C.I. Nataima, 1996.

Variedad	Tratamiento con control		Tratamiento sin control	
	Area bajo la curva	Larvas/Planta	Area bajo la curva	Larvas/Planta
Sesica M - 11	3.07	0.06	52.99	1.15
Línea 4	5.49	0.09	52.36	1.14
Línea 3	6.58	0.17	59.58	1.26
ICA - Ambalá	9.75	0.25	101.93	2.38
ICA - Pacandé	18.52	0.41	144.43	3.46

El ácaro blanco (*Polihagotarsonemus latus*) Banks

El ácaro blanco pertenece a la clase arácnida, familia Tarsomenidae. Los ácaros de ésta familia son muy pequeños y se caracterizan por un marcado diformismo sexual. Las hembras caminan utilizando los cuatro pares de patas mientras que los machos han adaptado las patas traseras en un apéndice para transportar las pupas y hembras, colocadas sobre la espalda. Las condiciones óptimas para su desarrollo son temperaturas cálidas y alta humedad. (29 P).

El ácaro blanco afecta en Colombia a más de 50 especies de plantas, entre ellas, las más importantes algodón, cítricos, frijol y flores; el ciclo de vida de la mayoría de los ácaros de la familia *Tarsonemidae* es corto; una generación puede durar de 3 - 5 días a 26° - 28°C, pasan por cuatro estados, huevo, larva, pseudopupa y adulto. Una hembra oviposita en promedio 48.3 huevos; el período de incubación es de 1 - 3 días; la etapa larval de dos y la pseudopupa de dos días, (25 P).

El ácaro se encuentra ampliamente distribuido en el trópico: diversas investigaciones lo reportan en islas del Caribe, Florida, América Central y América del Sur. En Venezuela se conoce como el ácaro tostador de la papa y es una de las principales plagas de éste cultivo; las poblaciones se encuentran en las hojas tiernas y en los cogollos; las plantas dañadas no forman tubérculos. Esta especie es reconocida

como muy destructiva y su distribución abarca Africa, Australia, Asia Europa, América y las islas del Pacífico.(10 P).

En años recientes se ha determinado a esta especie como responsable por daños severos en cítricos, (10): ataca las hojas y frutos de la mayoría de los cítricos y con preferencia los terminales tiernos; cuando el daño se hace notable los ácaros han desaparecido. Las poblaciones se concentran en los cogollos, las hojas crecen deformes y entorchadas y los frutos afectados generalmente no se desarrollan.

Evaluaciones del ácaro en frijol mostraron disminución en el rendimiento del 56% sus daños en éste cultivo se caracterizan por la formación y encrepamiento de las hojas, que toman una coloración violácea y las vainas se cubren de tejido necrosado (25 P).

El ácaro blanco fue detectado en el semestre B de 1996 en el C.I. Nataima afectando las líneas avanzadas de ajonjolí; que presentaron hojas acartonadas enrolladas hacia abajo y coloración negruzca; las plantas presentaron caída de flores, cuarteamiento de cápsulas con pérdida de semillas.

El ácaro blanco se presenta en el cultivo de ajonjolí aproximadamente a los 25 días después de germinado el cultivo. Las mayores poblaciones se registran entre los 35-48 días y a los 50 días la población empieza a disminuir.

En las Figuras 4 y 5 se observa la dinámica poblacional del ácaro blanco, en diferentes materiales de ajonjolí evaluados en 1997 observándose la mayor población entre los 38 - 46 días después de germinado el cultivo y un descenso de la misma a los 50 días, tanto en las parcelas con y sin control en todos los genotipos.

El ácaro blanco en el cultivo del ajonjolí se localiza en el tercio superior de la planta, en el envés de las hojas, aunque también se ha observado en flores y cápsulas. Los huevos, hialinos son colocados en el envés de las hojas cerca a las nervaduras en un promedio de 40 huevos/hoja. La población del ácaro es un 75% de hembras; su ataque se inicia en focos, llegando a registrarse niveles superiores de 200 ácaros /hoja.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS TIERREROS O TROZADORES

*Spodoptera
frugiperda* J. E. Smith
S. Sunia (Guenée) *S.
ornithogalli*;
(*Lepidoptera*
Noctuidae).
(Guenée).

Llamado gusano tigre, Rasputín o Mantequillo. La mariposa coloca los huevos en el envés de las hojas, en forma de masitas cubiertas con una especie de telilla algodonosa; los huevos son redondos y pueden encontrarse de 100 a 200 en cada masa.

Puede presentarse en el cultivo desde la germinación hasta la recolección; como tierrero vive en el suelo y se alimenta de las raíces y tallos de las plántulas pero también puede alimentarse de hojas, botones, flores y cápsulas. Las larvas de acuerdo a la especie son de color café claro, luego se tornan oscuras; algunas presentan líneas longitudinales café oscuro y castaño claro, otras presentan pequeños triángulos negros o pequeños puntos blancos. Foto 6.

Cuando la larva está próxima a empupar busca el suelo dentro del cual forma la cámara pupal; también suelen encontrarse entre los residuos de cosecha u hojarasca; después de 7 a 10 días salen los adultos o mariposas, que son polillas de colores oscuros con moteados o manchas. Foto 7.

Conoderus sp
(*Coleoptera*:
Elateridae).

Son los llamados gusanos alambres; las larvas son de color café, cuerpo duro y cilíndrico, se alimentan de las semillas y roen las raíces y tallos de las plántulas. Los adultos son cucarrones.

*Neocultilla
hexadactyla*
(*Orthoptera*:
Gryllotalpidae) y
*Scapteriscus
didactylus*
(*Orthoptera*:
Gryllotalpidae),

Llamado Verraquito de tierra y alacrán cebollero. Son grillos de color castaño oscuro con patas delanteras robustas y anchas adaptadas para cavar, de gran importancia en suelos arenosos y franco arenosos.

Trozan las plántulas, cuando hacen caminos superficiales semejantes a túneles, al formar sus nidos de cápsula y desarrollo de la población.

Chinche tatuador,
Cyrtopeltis tenuis
Reuter (*Hemiptera*:
Miridae). *Reuter*

Llamado también el Zancudo del Ajonjolí, este insecto se presenta en el cultivo del ajonjolí en edad temprana. Las ninfas y adultos succionan la savia de las hojas y cogollos produciendo amarillamiento. Durante la época de llenado de cápsulas se distribuye en toda la planta, ocasionando puntos necróticos sobre la corteza. Su nivel de población se eleva en tiempo seco. Foto 8.

Homoptera:
Cicadellidae .

Llamados saltahojas, loritos verdes, periquitos. Succionan la savia dejando las hojas cloróticas y producen miel que favorece la producción de Fumagina. Los géneros presentes en el cultivo del ajonjolí son: *Empoasca* sp, *Draeculacephala* sp. *Hortensia* sp.

La hembra oviposita paralelamente a la nervadura central, los huevos incuban entre 8 a 9 días. En el estado ninfal pasa por cinco instares, que pueden completarse en unos 15 a 20 días; son ápteros, de color verde pálido. Se les encuentra en el envés de las hojas. Los adultos miden unos 3 mm de largo, de color verde claro y más anchos hacia la parte cefálica. Las patas posteriores son largas y capacitan al lorito verde para saltar distancias considerables. Los adultos tienen un período de preoviposición de 5 días, época en la cual ocasionan los mayores daños. La hembra puede colocar 107 huevos y vive unos 64 días, en cambio el macho vive unos 58 a 60 días. (28 P)

(Homóptera:
Aphididae). Los áfidos
o pulgones

Son fitófagos y causan daño de varias formas: a) Chupan la savia del floema y debilitan las plantas. b) Algunas especies secretan sustancias tóxicas a las plantas. c) Las secreciones azucaradas favorecen la formación de fumagina que reduce la fotosíntesis. d) Son vectores de enfermedades virósas. (Bustillo, et al. 1985). (6 P) Foto 9.

Estos homópteros adquieren importancia por la capacidad que tienen como vectores de virus en los cultivos, pero además pueden extraer fotoasimilados y ocasionar daños en épocas de verano. Su ciclo de vida es corto, entre 20 a 30 días; la metamorfosis es hemimetábola o sea que se diferencian las fases de huevo, ninfas y adultos. Pueden tener 20 o más generaciones por año.

Las hembras pueden originar unos 60 individuos o ninfas; se presentan formas ápteras y aladas, que cumplen papeles migratorios y de colonización. Su hábito es gregario. Tanto las ninfas como los adultos ocasionan los daños.

Estos insectos tienen excelentes enemigos naturales tanto depredadores como parasitoides y también entomopatógenos. El empleo de trampas de agua reduce sus poblaciones.

Las larvas empupan en el suelo y para ello fabrican una cámara que se encuentra a unos 30 cms de profundidad.

Cyclocephala ruficollis
Burmeister
(Coleoptera:
Melolonthidae).

Llamado el cucarrón de las flores. Los adultos atacan las flores y cápsulas del ajonjolí; en estado larval es llamado chisa; se encuentran en el suelo y causa daños severos a las raíces de las plantas. Fotos 10 y 11.

Las especies de éste género se distribuyen principalmente en los pisos térmicos, cálidos y medios, por lo que se localizan ampliamente en la geografía nacional. De acuerdo con los monitoreos fitosanitarios algunas especies son dañinas al comportarse sus larvas como plagas rizófagas y sus adultos son frecuentemente señalados como dañinos del follaje de yuca, girasol, curuba, maracuyá, algodón, anturio y frutos de guayaba, entre otros (19 P).

Coleoptera:
Crysomellidae
Cucarroncitos
perforadores de
hojas.

Su ataque es de importancia en edad temprana del cultivo (5-20 días después de germinado); ocasiona perforaciones en hojas. Casi todas las especies de crisomélidos son fitófagas; algunas larvas son minadoras de tallos. Las larvas atacan el hipocotilo, raíces de las plántulas; los adultos afectan el follaje, flores y vainas tiernas; algunos pueden transmitir virus en forma mecánica, (28). El daño es favorecido por ausencia de lluvias; las hembras ovipositan en el suelo, en grietas cercanas a las raíces. En el cultivo del ajonjolí se encontraron especies como: *Diabrotica* sp. *Omophota*, *Cerotoma* sp. y *Systema* sp. Foto 12.

ENEMIGOS NATURALES

Se les llama enemigos naturales a aquellos organismos: parásitos, depredadores y patógenos que para su desarrollo o multiplicación utilizan a los insectos plagas manteniendo y regulando la densidad poblacional de estos últimos a un promedio más bajo del que existiría en su ausencia. Un enemigo natural efectivo debe ser capaz de responder rápidamente a las dinámicas poblacionales del insecto plaga, encontrando proporcionalmente más a medida que la población del insecto plaga tiende a incrementarse, (7 P).

DEPREDADORES

Son organismos carnívoros que en su estado inmaduro y/o adulto capturar varios números de presas (huevos, larvas o adultos de otros insectos) que consumen parcial o totalmente; su tamaño generalmente es mayor que la presa y causan la muerte en forma rápida.

Se clasifican en generalista (polífagos), los cuales se alimentan de un amplio número de especies concentrando sus esfuerzos de depredación en las presas más abundantes y especialistas que se caracterizan por consumir una especie

o grupo de especies estrechamente relacionadas como las del mismo género o la misma familia; han coevolucionado con su presa y están adaptados al ciclo de vida y hábitos de la presa. (3 P).

Familia Coccinellidae Las especies de esta familia constituyen uno de los grupos (Coleóptera) de predadores más importantes en el control biológico.

Son llamados mariquitas o tortuguitas, de cuerpo semiesférico con colores castaños, negros, amarillos y rojos con machas en los élitros. Foto 13.

Familia carabidae Se les conoce como escarabajos de tierra, porque (Coleóptera) comunmente se encuentran sobre la superficie del suelo, debajo de la hojarasca; durante el día permanecen ocultos y son muy activos durante la noche, Presentan coloraciones negras, azules, verdes.

Familia Cicindelidae Son insectos de cuerpo esbelto y atractivo; presentan colores (Coleóptera) metálicos verdes, rojos, azules y negros, cabeza tan ancha o más ancha que el protòrax, patas alargadas adaptadas para correr, poseen fuertes mandíbulas y son muy voraces.

Familia Reduviidae Llamados chinches asesinas; la mayoría de las especies son (hemíptera) predatoras generalistas; son géneros importantes *Zelus*, *Sinea*, *Pselliopus* y *Melanolestes*. Foto 14.

Familia Syrphidae Posee un importante número de especies cuyas larvas, en (Díptera) ajonjolí, se les encontró depredando pulgones, frecuentemente en medio de sus colonias alimentándose de ellos. Los adultos de estas especies varían en forma, tamaño y color aunque suelen presentar coloraciones metálicas.

Familia Véspidae Es el grupo de avispas mas comúnmente conocidas. Viven (Hymenóptera) en nidos construidos de diferentes materiales, que son colgados o adheridos a árboles, postes y estructuras naturales o artificiales como casas de habitación. La actividad predatora es realizada por los adultos, que cazan larvas de lepidópteros, las fraccionan y transportan a sus nidos para alimentar las larvas de las avispas que permanecen confinadas dentro del panal o nido. Los grupos más importantes son: (*Polistes*, *Polibia*, *Stelopolibia*), comunes en todos los cultivos atacados por larvas de lepidopteros, es importante ser consciente de la importante labor de estos insectos y preservar los hábitats de nidificación.

Arañas
(Arácnida).

Este grupo de artrópodos es muy importante porque sin excepción tienen hábitos carnívoros; para la captura de las presas, inyectan un veneno que las paraliza lo que facilita su acción y evita el escape de la presa. Algunas cazan por medio de telaraña, otras atrapan directamente la presa saltando sobre ellas. Son depredadores generalistas, que se pueden adaptar a cualquier hábitat y sobrevivir en condiciones adversas. Foto 15.

Su importancia viene principalmente por su diversidad, que resulta en adaptaciones a varias condiciones y depredación sobre un amplio ámbito de presas, y porque actúan sobre poblaciones iniciales de plagas, mientras los enemigos naturales específicos aumentan numéricamente. (15 P). Foto 16 a.

Geocoris sp
(Hemíptera
Ligaeidae)

Su tamaño oscila entre 3 y 4 mm de largo. La actividad depredadora es realizada por ninfas y adultos; son llamados "chinchas ojones". Se mueven rápidamente en todos los estratos de la planta y depredan larvas pequeñas de lepidópteros homópteros y ácaros. Foto 17.

Orius Sp.
(Hemíptera
Ligaeidae)

Es un depredador de huevos y larvas de insectos plagas; se desplaza por toda la planta en busca de alimento. Se alimenta de su presa al inyectar saliva y chupar los contenidos líquidos.

Tetracha sobrina (Dejean) (Coleóptera: Cicindélidae)

Es un ágil caminador habitante del suelo; excelente depredador de las larvas y otros organismos del suelo; sus presas pueden alcanzar su propio tamaño el cual promedia los 2 cm de largo.

Coelomegilla maculata (De Geer)
(Coleoptera
Coccinellidae)

La mayor actividad depredadora es realizada por las larvas, aunque los adultos también son buenos depredadores. Sus presas son ninfas y adultos de pulgones, huevos y pequeñas larvas de lepidópteros; mide 5-6 mm de largo en su estado adulto. Figura 17.

Los huevos colocados en grupos, generalmente en el envés de las hojas, recién puestos son de color amarillo y se tornan oscuros cuando van a eclosionar. Los adultos son de forma ovaladas color rojo con manchas negras; miden aproximadamente 6 mm, (4 P); una larva de *Coelomegilla* consume un total de 449 áfidos durante su ciclo larval.

Scymnus sp
(Coleóptera:
Coccinellidae)

Es una pequeña mariquita de 1,5 mm. de largo muy abundante y de amplia distribución. Caza huevos, ninfas, pequeñas larvas de muchos insectos en los cultivos. La larva

se caracteriza porque se recubre de una cerosidad blanca semejante a una cochinilla .

Hippodamia sp

(Coleoptera:
Coccinellidae)

Es un predador especialmente de áfidos pero también consume huevos y larvas de *Spodoptera* y plusínidos. El adulto deposita los huevos en grupos, de color anaranjado, alargados con la parte terminal aguda; tanto la larva como el adulto consumen huevos y larva; la larva consume alrededor de 25 áfidos por día y el adulto 56. (4 P)

Chrysopa Sp.

(Neuroptera
Chrysopidae)

Las larvas consumen afidos, ácaros, huevos y larvas pequeñas de Lepidópteros (mariposas); las mandíbulas y maxilas están adaptadas para perforar la presa y succionar su contenido. Los adultos se alimentan de polen, néctar y mielecilla.

Los huevos son colocados al final de un filamento para evitar la acción depredadora de las primeras larvas que emerjan o de otros insectos; son puestos en fila. Los adultos son de apariencia delicada, con alas transparentes, intensa venación y de color verde metálico. Fotos 19 y 20.

Especies de *Crysopas* son criadas masivamente por insectarios comerciales para liberaciones en jardines y el campo.

Calosoma Sp

(Coleoptera:
Carabidae)

Los adultos y larvas son predatoras de larvas, pupas y huevos insectos plagas del suelo. Viven en la hojarasca, tanto las larvas como los adultos son de color negro brillante, de tamaño mediano; el adulto trepa a las plantas para alimentarse de larvas de lepidópteros. Foto 21.

Calopteron

(Coleoptera: Lycidae)

Las larvas son depredadoras y los adultos son omnívoros.

PARASITOIDES

Son organismos que en su estado inmaduro viven dentro o sobre el cuerpo de otro organismo, se alimentan de un sólo hospedero y lo matan; su tamaño es similar al del hospedero; el estado adulto vive libre y la búsqueda del hospedero es realizado por la hembra adulta. Casi todos los parasitoides viven mas tiempo como adultos si tienen acceso a un líquido azucarado, tal como néctar o mielecilla por tanto, se pueden conservar los parasitoides en el campo al proveer asperciones azucaradas o manteniendo ciertas plantas atractivas a los parasitoides (9 P). Tabla 4. Foto 22

Tabla 4. Entomofauna presente en el cultivo del Ajonjolí. CORPOICA, Centro de Investigación Nataima. Espinal, Colombia. 1996B.

Predadores			
Familia	Genero	Familia	Genero
Braconidae	Cardiochiles	Aracnidos	Sp.
Chalcididae	Chelonus	Crysopidae	Crysopa
Chalcididae	Spilochalsis	Coccinellidae	Scymnus
Chalcididae	Brachymeria	Coccinellidae	Stethorus
Chalcididae	Sp	Coccinellidae	Cicloneda
Braconidae	Apanteles	Lygaeidae	Geocoris
Braconidae	Telenomus	Reduviidae	Zelus
Braconidae	Sp	Syrphidae	Sp.
Ichneumonidae	Sp	Nabidae	Nabis
Tachinidae	Sp	Anthorcoridae	Orius
Vespidae	Catolaccus		
Vespidae	Polibia		
Mimaridae	Sp		

Familia Braconidae
(Hymenóptera)

Dentro de esta familia se presentan en el cultivo del ajonjolí varias avispidas importantes por ser contraladoras biológicas de larvas de varias insectos plagas comunes en la agricultura. Los adultos son de tamaño pequeño, 2 a 15 mm de largo, antenas filiformes; muchas especies tejen capullos en el exterior del cuerpo de sus víctimas; dentro de este grupo algunas especies parasitan huevos, otras larvas y pupas; generalmente su acción parasítica es específica, sin embargo existen especies polífagas. Los géneros más conocidos *Lysiphlebus*, *Meteorus*, *Rogas*, *Apanteles*, *Cardiochiles*, *Bracony* *Chelonus*. Foto 23 y 24.

Familia Chalcididae
(Hymenóptera)

Está representada por varias avispidas de colores entre negro y tonalidades de amarillo, con los fémures de las patas posteriores ensanchados dentados y las tibias fuertemente recurvadas. Son parasitoides de plagas de importancia económica. Sus más importantes representantes pertenecen a los géneros *Conura* (*Spilochalsis*) y *Brachymeria*, encontrándose en forma abundante.

Copidosoma truncatellum
(Hymenóptera:
Encyrtidae)

Algunas larvas de falsos medidores son parasitadas por una avispidas negra pequeñita (de menos de 1 mm de larga); la larva del falso medidor se llena completamente de pequeñas pupas de la avispa, las cuales ocupaban la totalidad de la cavidad del cuerpo de la larva; de cada larva hospedadora pueden salir de 2000 hasta 3000 parásitos. El promedio observado en Colombia es de 553 - 640. (4 P)

Chelonus sp
(Hymenóptera
Braconidae)

Esta avispidas se reconoce por su color negro y dos manchas translúcidas en la base del abdomen; su largo apenas alcanza 5 mm. Su importancia está en que pone sus huevos dentro

de los huevos de *Spodoptera* spp. y luego se alimenta de la larva de la plaga hasta cuando completa su desarrollo larval. En este proceso mata la larva del insecto plaga. Foto 25.

Micro-Hymenopteros.

En el cultivo del ajonjolí se presenta un alto número de avispas de diferentes familias, cuyo tamaño oscila entre 0,5 y 3 mm, de largo. Las principales familias son: *Mymaridae*, *Scelionidae*, *Pteromalidae*, *Tricogramatidae*. Foto 26 y 27.

PATOGENOS DE INSECTOS

Son llamados patógenos a los organismos (microorganismos como: bacterias, hongos, protozoarios, nemátodos y virus), capaces de causar enfermedad y muerte a los insectos.

Dentro del control biológico estos microorganismos son usados con el fin de disminuir las poblaciones de insectos dañinos; las larvas de *Antigastra catalaunalis* son susceptibles de enfermarse por bacterias y hongos en forma natural; en el Centro de Investigación Nataima se registró mortalidad en larvas por efecto de bacterias en un 17% y por hongos en un 5%. Tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de larvas de *A. Catalaunalis* sanas y afectadas por agentes de control biológico C.I. Nataima, 1996 B.

Agentes de control	Días después de germinado el cultivo				Media Semestre
	45	60	75	90	
Larvas sanas	68	73	67	66	68.5
Hongos	0	0	8	12	5
Bacteria	24	10	18	12	17
Otros*	8	17	7	10	9.5

* Incluye larvas afectadas por parasitoides y factores físicos.

El control natural de la población del insecto fue para el Semestre B de 1996 del 31.5% mientras que para el Semestre A de 1997 fue del 25%. Tablas 5 y 6.

Los hongos más frecuentes fueron *Paecilomyces* Sp y *Nomuraea rillei*, y las bacterias del tipo *Bacillus*. Foto 28.

La mayoría de bacterias entomopatógenas invaden al hospedero al ser ingeridas causando primero la destrucción del intestino medio (Mesenteron) y luego la septicemia o multiplicación de la bacteria en el hemocele (13 P).

Tabla 6. Porcentaje de larvas de *A. Catalaunalis* sanas y afectadas por agentes de control biológico, C.I. Nataima, 1997 A.

Agentes de Control	Días después de germinado el cultivo							Media semestral
	35	41	47	54	61	72	84	
Larvas sanas	90	74	71	83	55	70	80	75
Hongos	24	0	15	13	10	0	0	6
Bacterias	8	14	6	-	7	18	20	10
Otros*	-	12	8	4	28	12	-	9

* Incluye larvas afectadas por parasitoides y factores físicos.

La familia Bacillacea, una de las más importantes, se caracteriza principalmente por formar esporas (endosporas); son gram positivas y las células vegetativas presentan forma alargada como de bastón; dentro de esta, la especie más conocida y estudiada es *Bacillus thuringiensis* que se caracteriza por la presencia de un cuerpo parasporal llamado cristal.

Al ser ingeridos los cristales se disuelven quedando libre una proteína llamada delta endotoxina que causa desequilibrios y ruptura de la membrana epitelial del intestino del insecto. La conducción nerviosa cesa y la larva se paraliza es decir la larva deja de alimentarse y se detiene el daño en el cultivo.

Bioensayos con *Antigastra* muestran mortalidades de 86% a las 24 horas después de inoculado el alimento con *Bacillus thuringiensis* Variedad *Kurstaki*. El mayor efecto de esta bacteria se observa en larvas de I y II instar, donde la efectividad del control es superior al 90%. Tabla 7.

Tabla 7. Porcentaje de mortalidad de larvas de *Antigastra catalaunalis* 24 horas después de inoculado el alimento con *Bacillus thuringiensis* en laboratorio CORPOICA, Centro de Investigación Nataima. Espinal, Colombia, 1997.

Variables	Testigo	Larvas tratadas
Mortalidad	0	86%
Larvas sanas	97%	7%
Larvas afectadas	3%	7%

Dos horas después de ingerido el complejo cristal espora, el pH de la hemolinfa se sube de 6.8 hasta 8.1 causándose una parálisis en los movimientos peristálticos del intestino quedando la larva incapacitada para comer, por otro lado al disminuir el pH estomacal de 10 a 9 se crea un ambiente favorable para la germinación de las esporas ingeridas iniciándose la proliferación de la bacteria (septicemia total) y muerte del insecto que ocurre entre dos y cuatro días después de infectado. (17 P) Figura 29.

Los hongos entomopatógenos son un grupo importante en el control de insectos. Actualmente se ha incrementado la investigación sobre los hongos biocontroladores debido al potencial que ofrecen como controladores de patógenos de plantas y artrópodos plagas, muchos productos han sido desarrollados con base en la producción de conidias de estos hongos, (15 P). El desarrollo de un buen micopesticida está relacionado con las propiedades biológicas del aislamiento.

Los parámetros más importantes en la selección de un aislamiento son: el establecimiento de la virulencia en laboratorio, permanencia en el campo, estabilidad genética, productividad, estabilidad en la formulación, persistencia en el campo (tolerancia a las condiciones ambientales adversas).

La mayoría de hongos entomopatógenos producen propágulos infecciosos (blastoconidias, conidias) que germinan en el tegumento del insecto invadiéndolo y causándole la muerte por efecto de las enzimas y micotoxinas (24 P).

La penetración de la cutícula es llevada a cabo por los aprensorios o tubos germinativos de la conidia, la cutícula está formada por capas y cada capa tiene su propia protección, el exterior de la cutícula de los insectos es mecánicamente frágil y puede ser fácilmente penetrada por la fuerza, (11 P). Una vez que la epicutícula está rota el proceso de penetración es rápido, las hifas se desplazan lateralmente produciendo fracturas y facilitando la acción de las enzimas de degradación; los hongos patógenos poseen mecanismos que le permiten destruir y asimilar los materiales del hospedero.

Los daños asociados con los síntomas de la enfermedad pueden ser producidos por las enzimas de los patógenos y por el bajo peso molecular de los metabolitos (toxinas). Una vez que el hongo invade el hemocelo el hospedero puede morir por daño mecánico producido por el crecimiento del

hongo, por agotamiento de los nutrientes o por tóxicos.
Foto 30.

RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE INSECTOS PLAGAS

En la naturaleza actúan muchos mecanismos biológicos que regulan las poblaciones de los insectos; sin embargo han sido relegados debido al facilismo que brinda el uso de los agroquímicos, cuyo uso excesivo e inadecuado ha traído múltiples problemas como contaminación ambiental (suelo, agua, aire), enfermedades en el hombre y animales y desequilibrios en la dinámica de los insectos asociados a los cultivos, hasta el punto que algunos insectos plagas parecen inmanejables.

Uno de los pasos importantes para tener éxito en el manejo de los insectos plagas es conocerlos y aprender a monitorearlos; esto implica una mayor dedicación y frecuencia de visitas a los lotes de los cultivos para que de esta forma se determine oportunamente los niveles de daño económico y las medidas de control más adecuadas.

El manejo de trozadores

Para un manejo preventivo de estos insectos debe realizarse un muestreo de los lotes antes de la siembra; si el cultivo anterior es sorgo, maíz o arroz es muy posible que haya posturas o larvas de *Spodoptera* en la soca, que pueden afectar el cultivo siguiente. Se debe tomar varios sitios al azar de un metro lineal (5 o 6/Ha.) y revisen la superficie del suelo, soca del cultivo anterior y hojarasca. Si se observa presencia de huevos de los insectos antes mencionados hay que liberar *Telenomus remus*, 5 masas /ha o 30/ha pulgadas de *Trichograma* sp. Si el insecto plaga está en etapa larval avanzada, se aplica un cebo tóxico en dosis de 50 kg/ha, mezclando 5 kilos de melaza en 20 litros de agua, revolviendo muy bien, agregando un litro de malathion, humedeciendo 50 kilos de aserrín o tusa molida, y esparciéndolos en el lote; se debe utilizar guantes para realizar esta operación; si el cultivo está sembrado, aplicar el cebo tóxico en los sitios donde se observe el 5% de plántulas trozadas.

Los trozadores son afectados por insectos benéficos como: *Calosoma* sp. *Tetracha* sp, podisus, arañas, que se alimentan de ellos, o por moscas (dípteros: Tachinidos) y avispas (Hymenopteros) que los utilizan para su reproducción, como: *Meteorus*, *Chelonus* etc.

El manejo del enrollador del ajonjolí

El monitoreo de este insecto debe comenzar desde el momento mismo de la germinación; las evaluaciones del nivel deben ser frecuentes, con una periodicidad máxima de ocho

días; el umbral económico es de 0.5 larvas/ planta, nivel que se establece recorriendo el lote en zig zag y tomando diez sitios al azar/ha, dos planta por sitio; si la edad del cultivo es inferior a 40 días se revisan todos los terminales; si la edad es superior se revisan terminales y estructuras reproductivas (flores y cápsulas) del tercio superior. Si el nivel registrado es de 0.5 larvas/planta se aplica *Bacillus thuringiensis* en dosis de 700 g/ha. Si el nivel está por encima de 0.3 pero menor de 0.5 se debe esperar dos días para realizar la aplicación con el *Bacillus thuringiensis*.

El producto debe ser aplicado preferiblemente después de las 4.00 pm; pues las larvas aumentan su consumo de área foliar en las horas de la noche. En la Tabla 8 se observa el área bajo la curva de progreso de la población de *Antigastra catalaunalis* con cuatro tratamientos control donde el menor registro de larvas fue para *Bacillus thuringiensis* con un área de 30.6, mientras que en el tratamiento testigo se registró un área de 72.2

Tabla 8. Índice acumulado de larvas/planta en la variedad ICA Pacandé y diferencia de medias. CORPOICA. C.I. Nataima. El Espinal, 1996 B.

Tratamiento	Area acumulada	Indice acumulado	% control
Testigo	72.27 A	0.75	
Lufenuron	37.95 B	0.39	48
B.t.	30.62 B	0.31	57
Fenvalerato	33.28 B	0.35	53

Tukey 0.05 letras iguales no son diferentes estadísticamente.

En la tabla 8 se observa que los costos más altos para el control del enrollador correspondan al insecticida Fenvalerato (\$106.329.32); sin embargo esta mayor inversión en costos no corresponde a un mayor beneficio (\$495.470.68) mientras que con el insecticida *Bacillus thuringiensis* los costos son menores (\$76.810.75) y los beneficios superiores (\$588.989.25); la tasa de retorno marginal con el tratamiento de *B. thuringiensis* fue de 2.81, mientras que con Fenvalerato fue de 1.15, lo que significa que por cada peso invertido en el control del enrollador en el tratamiento con *Bacillus thuringiensis* se obtuvo una ganancia de \$2.81 además de recuperarse la inversión, mientras que con fenvalerato solo se obtuvo \$1.15. Tabla 9 y 10 .

Tabla 9. Presupuesto parcial y estimación de los beneficios parciales para el control del Enrollador del Ajonjolí (*A. catalaunalis*) con productos biológicos y químicos CORPOICA C.I. Nataima. 1998.

	Testigo	Lufenuron	Fenvalerato	<i>B. thuringiensis</i>
Rendimiento Kg/ha	965	917	1251	1331
Beneficios Brutos \$800 kilo	772.000.00	733.600.00	1.000.800.00	1.064.800.00
No.de aplicaciones control	0	4	3	3
Dosis		200 cc/ha	500 cc/ha	700 g/ha.
Valor producto	0	34.835/litro	54.886/Litro	25.148/kilo
Costos aplicación	-			
Semestre		59.867.96	106.329.32	76.810.75
Beneficios Parciales	772.000.00	673.732.04	894.470.68	987.989.25
Costos variables	399.000	399.000	399.000	399.000
Beneficios Netos	373.000.00	274.732.04	495.470.68	588.989.25

Tabla 10. Análisis marginal para el control del enrollador Antigastra catalaunalis con productos biológicos y químicos. CORPOICA, C.I. Nataima.1998.

Tratamiento	Costos Variables	Costos Marginales Frente al testigo	Beneficios Netos	Beneficios Marginales	Tasa de Retorno
Testigo	399.000		373.000.00		
<i>B. thuringiensis</i>	475.810.75	76.810.75	588.989.25	215.989.25	2.81
Fenvalerato	505.329.32	106.329.32	495.470.68	122.470.68	1.15

Los beneficios ambientales en el agroecosistema del cultivo de ajonjolí por el uso de *B. thuringiensis*, son varios : Uno de ellos es que al no destruirse la fauna benéfica no se requieren aplicaciones extras para el control de áfidos y ácaros ; las aplicaciones de Fenvalerato causan irritabilidad en los adultos y ninfas de los acaros lo que favorece el incremento de sus poblaciones. Una sola aplicación para su control cuesta \$42,078,00

El uso de insecticidas de amplio espectro causa dolencias y perjuicios a la salud humana (sordera, conjuntivitis, insuficiencia renal, intoxicaciones); el sistema de producción ajonjolí genera 8735 empleos permanentes , que son vulnerables a enfermarse; una visita al médico más la prescripción costaría mínimo \$ 10.000 ; lo que significa un gasto de \$87,35 millones.

Con solo tres aplicaciones de Fenvalerato por semestre se depositan en una hectárea 1050 g/semestre de ingrediente

activo ; en 5000 hectáreas se depositarán 5250 kilos de Fenvalerato/semestre. El control de *Antigastra* con *Bacillus thuringiensis*, libraría al agroecosistema del ajonjolí de 5 toneladas/semestre de los peligros potenciales de la acumulación de éste plaguicida en suelo y aguas.

Existen una gran cantidad de cepas de *Bacillus thuringiensis* aisladas de diversas partes del mundo; es posible que variedades con idéntica virulencia contra una especie de insecto demuestren diferentes potencias contra otras especies; la potencia de las variedades de Bt también depende en forma amplia del tipo de medio de cultivo que se utiliza: la supervivencia de las esporas está influenciada por la formulación, la composición de los suplementarios y la temperatura. (17P)

En la tabla 11 se observan los resultados de la evaluación de varios formulaciones de *Bacillus thuringiensis*, presentandose diferencias estadísticas entre el testigo y los tratamientos en todas las variables evaluadas.

Tabla 11. Comparación de medias para las variables población, cápsulas sanas, cápsulas afectadas y rendimientos/ha de cuatro formulaciones con base en *B. Thuringiensis* para el control de *A. Catalaunalis*. CORPOICA, C.I. Nataima. Semestre A de 1998.

Tratamientos Rendimiento/ha.	Población Are bajo la Curva.	Cápsulas sanas /planta	Cápsulas afectadas /planta	Rendim. Kg/ha.
Dipel 2X	39.75 c	73.38 a	2.91 b	957 ab
Xentari	48.62 b	62.15 ab	5.11 b	866 ab
Thuricide	37.62 c	77 a	4.06 b	1037 a
Thurilac	39.10 c	64.91 a	3.21 b	981 a
Testigo	68.46 a	42.16 b	8.8 a	608 b

Tukey 0.05 letras iguales no son diferentes estadísticamente.

El área bajo la curva de progreso de *Antigastra* mostró que los mejores tratamientos fueron las formulaciones con base en la cepa Kurstaki con una eficiencia del 43% mientras que la cepa Alzawai tuvo menor eficiencia controlando solo el 30% de la población del insecto. No hubo diferencias entre los genotipos ni entre las dosis evaluadas en ninguna de las variables evaluadas.

El producto Thuricide presentó menor área bajo la curva de progreso de *Antigastra*, mayor número de cápsulas sanas/planta y mayores rendimientos, sin embargo, este producto presenta menos unidades de potencia; por lo tanto se requiere de una mayor dosis; lo que afecta los costos.

Los productos en dosis altas fueron aplicados cuatro veces, mientras que para las dosis bajas se requirió de una aplicación adicional. De acuerdo al valor de los productos el más económico es Thurilac con un valor de \$ 14.285.00 ,Thuricide \$ 17.255.00, Dipel 2 X \$18.000 y Xentari \$ 21.260.00 libra, siendo el producto más costoso a pesos de 1998.

Manejo del ácaro blanco

La población de este acarino debe ser monitoreada en el cultivo del ajonjolí, después de los 25 días de edad y hasta los 50 días, recorriendo eficientemente el lote para descubrir los posibles focos . Se toman 10 sitios al azar dos plantas por sitio y 3 hojas por planta del tercio superior; las hojas se deben revisar con lupas mínimo de 10 x debido al tamaño de los adultos y huevos.

Las aplicaciones de los productos control en las investigaciones realizadas en el Centro de Investigación Nataima se realizaron con promedios de 20 ácaros por hoja.

Se probaron productos con base en extractos como *Nicotiana tabacum*, con base en hongos como *Enthomophthora virulenta*, jabones al 8%, y jabón + aceite al 10% y Propargite. El mejor tratamiento respecto a la población del ácaro fue Propargite con una eficiencia del 45%; mientras que *Nicotiana* y *Enthomophthora* controlaron 15% y 12% respectivamente. Figura 6.

El análisis de los rendimientos mostró que el testigo presenta diferencias significativas con relación a Propargite, *Nicotiana tabacum*, y *Enthomophthora virulenta*; La producción en los tratamientos tanto químicos como biológicos fue superior en un 33% respecto al testigo, registrándose un 35% más de rendimientos en las parcelas tratadas con Propargite; y 34% y 31% en las parcelas tratadas con *Nicotiana* y *Entomophora* respectivamente. Las parcelas tratadas con *Nicotiana tabacum* y *E. Virulenta* presentaron mayor número de plantas con daño en hojas (enroscamiento) y mayor a área bajo la curva de progreso de ácaro blanco que el tratamiento con Propargite; sin embargo la producción no fue afectada estadísticamente. Tabla 12.

ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE AJONJOLI REGISTRADAS EN EL TOLIMA

El ajonjolí es uno de los cultivos oleaginosos más importantes para la economía agrícola del país, por ser una de las principales fuentes para la extracción de aceite comestible de alta calidad. También se emplea en la industria del jabón y de los cosméticos, en la fabricación de fármacos como

Tabla 12. Comparación de medias para las variables plantas afectadas moderadamente, rendimiento/parcela y rendimiento/ha en cuatro tratamientos para el manejo del Acaro blanco en el cultivo del ajonjolí. CORPOICA, C.I. Nataima, Colombia. 1998.

Tratamiento	Plantas afectadas moderadamente/ parcela	Rendimiento (gr/parcela)	Rendimiento (Kg/ha)	Area bajo la curva de progreso del Acaro
<i>N. Tabacum</i>	31 a	1074 a	1104 a	1050 ab
<i>E. Virulenta</i>	32 a	1023 a	1049 a	1097 a
Testigo	43 a	707 b	724 b	1249 a
Propargite	11 b	1098 a	1122 a	689 b

Tukey 0,05: Letras iguales no difieren estadísticamente.

vehículo de sustancias liposolubles y como activador en la preparación de insecticidas con base en piretro. (25 E).

El departamento del Tolima al comienzo de la década de los años 60' ocupó el primer lugar como productor de ajonjolí a nivel nacional. En el año 1963 el área sembrada fue de 43.072 hectáreas Sin embargo a finales de la década mencionada la producción de éste cultivo decayó notoriamente, debido principalmente al ataque de enfermedades de origen fungoso (3 E).

Las enfermedades que afectan el cultivo de ajonjolí, son relativamente pocas en nuestro medio; no así en los países donde el cultivo es más antiguo, cuyos problemas fitosanitarios son más graves y más numerosos (14 E).

Las enfermedades del ajonjolí de más prevalencia en las regiones del Tolima de acuerdo con su importancia y distribución son las manchas foliares causadas por *Alternaria sesami* y *Cylindrosporium sesami*; la marchitez ocasionada por *Fusarium oxysporum f. sesami*; las Filodias cuya causa es de origen viral y finalmente la pudrición carbonosa del tallo debida a *Macrophomina phaseolina*.

Enfermedades foliares

La "mancha angular" Esta enfermedad es causada por el hongo *Cylindrosporium sesami*.

Este hongo perteneciente al orden Melanconiales, se caracteriza por invadir los tejidos de la hoja a través de aberturas naturales; una vez colonizados los tejidos forma acérvulos subepidermales de color claro de donde crecen

conidióforos cortos, simples que dan lugar a conidias hialinas, filiformes, rectas o curvadas y multiseptadas (2E).

Esta enfermedad se presenta en plantas adultas, afectando el follaje hasta quemarlo completamente. Las manchas aparecen inicialmente sobre la haz de las hojas bajas, son de color marrón rojizo y están limitadas por las nervaduras, formando áreas angulares que se unen para cubrir totalmente el limbo de las hojas (1E). Foto 31.

Para que este disturbio se presente, se necesitan condiciones de alta humedad relativa (85%) y temperaturas por encima de los 22°C; su transmisión se realiza por el viento, lluvia y el hombre; también se transmite a través de la semilla. Es un disturbio de baja importancia económica. Sin embargo su severidad es potencial, en la medida que no se hagan los controles preventivos.

Control

En las zonas del Tolima, los productores de ajonjolí no utilizan ningún control para esta enfermedad; además por las condiciones medioambientales drásticas (Humedad relativa menor del 60% y temperaturas mayores de 28°C) bajo las cuales se siembra esta oleaginosa, los problemas patológicos foliares son mínimos.

Mancha por *Alternaria*

Esta enfermedad foliar es causada por el hongo *Alternaria sesami*.

Se manifiesta por manchas irregulares con anillos concéntricos, de color marrón y halo clorótico alrededor de la afección. En condiciones favorables de temperatura (28°C) y humedad relativa (85%), las manchas son visibles al cabo de dos o tres días de iniciada la infección (1 E). Foto 32.

El patógeno penetra en los tejidos de las hojas directamente a través de la epidermis; crece en los espacios intercelulares de las hojas, produce un abundante micelio tabicado y ramificado de color oscuro. Los conidióforos son cortos y oscuros, aparecen sobre las lesiones más antiguas de los tejidos de la planta huésped. Las conidias insertas aisladamente o en cadenas de dos, son de forma irregular, oscuras y con septas longitudinales y transversales. Luego estas conidias son dispersadas por el viento y la lluvia (27 E)

Cuando el ataque es severo puede afectar también las cápsulas y las semillas.

Las características medioambientales favorables para su presencia y diseminación son: lluvias fuera de época, sobre todo en el último tercio del ciclo del cultivo. Además la combinación de altas temperaturas y elevada humedad del aire favorece el ataque de este patógeno (14 E).

Control

Al igual que la enfermedad anterior, esta afección foliar, en las zonas ajonjoliceras del Tolima, no se controla. Sin embargo, el manejo con fungicidas a base de Metalaxil o Clorotalonil es una buena alternativa, siempre y cuando no haya limitaciones económicas por parte de los productores.

Enfermedades de flores y frutos

Filodias o floración verde.

Es un disturbio fisiológico causado por Virus o micoplasmas (MLO) cuya característica sintomatológica consiste principalmente en una transformación de los órganos florales en estructuras foliares (14 E). Fotos 33 y 34.

La planta afectada presenta entrenudos cortos, pedúnculo hasta de 30 mm de largo, mientras que las flores normales son sésiles y de sépalos desiguales. En las plantas afectadas las flores normales pueden dar semillas fértiles. Los frutos afectados tienen una dehiscencia unilateral prematura y las semillas se transforman en apéndices verdes (14 E).Foto 35.

La enfermedad aparece igualmente en la descendencia de plantas enfermas y de plantas sanas.

En nuestro medio la incidencia de esta afección es muy baja; sin embargo cuando el ataque es severo reduce los rendimientos en más del 70%. Su presencia fue reportada por Rey y Gómez-Caicedo en febrero de 1997 sobre la variedad ICA-Pacandé.

Control

El control debe hacerse a insectos chupadores que se alimentan en el floema o xilema; como saltahojas (Cicadellidae), saltapuntas (Fulgoridae), chinches de saliva (Cercopidae) o psilidos (Psyllidae) que actúan como vectores (1 E).

Enfermedades de raíces y tallos

Marchitez por Fusarium

Esta es una enfermedad causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. *sesami*. En Korea se determinó como agente causal a *F. oxysporum* f. *vasinfectum* (11 E). Aparece desde el estado de plántula hasta el estado de maduración y se caracteriza por un marchitamiento total o parcial de la planta, dependiendo de ciertas condiciones medioambientales.

El hongo se establece fácilmente en diversos tipos de suelo y una vez colonizados, éstos permanecen infestados indefinidamente. La diseminación local se lleva a cabo por las partículas de suelo arrastradas por el viento, por las aguas de riego y por las herramientas (27 E).

Cuando el hongo se ha establecido en los vasos del xilema de la planta afectada, empieza a segregar enzimas pectolíticas. Estas enzimas actúan sobre las sustancias pécticas de los haces vasculares, iniciando un proceso que termina con la producción de melaminas de coloración parda. Estas sustancias coloreadas son absorbidas por las paredes lignificadas de los vasos xilemáticos, dando lugar a la coloración marrón que es característica de la presencia de la enfermedad (27 E).

La escasa humedad del suelo, los días cortos, la escasa intensidad de luz, suelos pobres en nitrógeno y fósforo, altos contenidos de potasio y pH entre 4.5 y 5.3 son factores predisposicionantes que inducen a la planta a ser atacada por el hongo (27 E).

En la fase inicial las hojas son de aspecto flácido y de un color pálido, llegando a secarse y desprenderse de la planta. En la parte baja del tallo aparecen manchas de color marrón desuniformes y alargadas, distribuidas en forma longitudinal.

Control

El manejo de ésta enfermedad debe basarse fundamentalmente en aplicar cal dolomítica con el objeto de variar el pH ácido del suelo favorable para la colonización del patógeno, llevar a cabo un buen programa de fertilización rico en nitrógeno y fósforo y emplear variedades resistentes.

Pudrición carbonosa

En el departamento del Tolima es la enfermedad más grave causada por el hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. [*Rhizoctonia bataticola* (Taub.) Butler].

Este patógeno causa marchitamiento de plántulas, pudrición de raíces y pudrición carbonosa en más de 500 especies cultivadas y no cultivadas, incluyendo algodón, soya, sorgo, maíz, frijol, girasol (24,26 E). Este patógeno puede causar pérdidas considerables en ajonjolí si las cantidades de inóculo sobrepasan los 200 esclerosios/gramo de suelo (22 E). Foto 36.

Esta enfermedad inicia su aparición en el ajonjolí, entre los 25 y 29 días después de germinado el cultivo, con una mancha

oscura en la base del tallo que luego avanza cubriendo la totalidad del órgano (Foto 37). Al inocular plantas de soya con *M phaseolina* a diferentes edades, se observó un aumento en el tamaño de las lesiones hasta los 60 días, acorde con el incremento en la edad de las plantas; este efecto disminuyó a medida que las plantas se volvían más viejas (25 E).

Las ramas, cápsulas y hojas se secan a medida que el daño avanza. Las plantas afectadas se marchitan y mueren. En los tejidos necrosados que rodean la base del tallo, se observan numerosas estructuras de color negro denominadas "esclerosios", que constituyen los signos del patógeno. Foto 38.

Estos esclerosios le permiten al patógeno diseminarse de plantas enfermas a plantas sanas y pueden estar viables en el suelo desde los 3 meses hasta 3 años (18 E). Una vez los esclerosios hacen contacto con los tejidos de la planta se inicia la formación de una estructura denominada "apresorio". La infección se realiza por penetración cuticular del micelio que crece de la superficie externa hacia adentro, invadiendo los tejidos e iniciando las lesiones secundarias.

El patógeno para el desarrollo micelial y formación de esclerosios, necesita condiciones especiales de temperatura y humedad del suelo. El rango óptimo de temperatura está entre 28 y 32°C (25 E), y el volumen de agua disponible menos del 50% (10 E). Los niveles de humedad en el suelo encontrados para el desarrollo del hongo en sorgo son: 18% - 20% de agua disponible y la época de inoculación 8 días después de floración media (20 E). Además solamente bajo un estrés de agua el hongo *M. phaseolina* expresa sus síntomas (6 E). Fotos 39 y 40.

Trabajos realizados en sorgo, muestran un incremento de la pudrición carbonosa del sorgo, cuando se tienen niveles altos de nitrógeno, alta densidad de población y baja humedad. (16 E)

La alta densidad de plantas aumenta la competencia por el agua disponible en el suelo; esta competencia crece linealmente con el gradiente de agua disponible en el suelo e incrementa en la misma proporción la incidencia de la enfermedad según Lozano, M.D. (datos no publicados).

Las condiciones de baja humedad del suelo, son más importantes que las altas temperaturas, cuando se trata de

predisponer plantas de sorgo y ajonjolí a la pudrición carbonosa. (17 E).

El estrés de agua en las plantas parece ser un factor importante en la predisposición a la enfermedad, más que las altas temperaturas.

De acuerdo con el trabajo realizado por la citada Ing. Lozano (datos no publicados), la severidad de la enfermedad en plantas de ajonjolí inoculadas con *M. phaseolina* a los 10 días, presentó un 2.7% más que en plantas inoculadas a los 35 días (53%); mientras que plantas inoculadas a los 60 días mostraron menor severidad (31.6%), lo que indica que el ajonjolí es susceptible al patógeno en estado de plántula, prefloración y floración.

En plantas de algodón inoculadas con *M. phaseolina*, con temperaturas entre 20 y 40° C y sometidas a estrés de humedad, la severidad de la enfermedad fue mayor que en las que tenían suficiente agua. Igualmente plantas de algodón inoculadas con *M. phaseolina* y mantenidas a temperaturas entre los 30 y 40° C con riego, desarrollaron los síntomas de la enfermedad superficialmente.

Aislamientos de *M. phaseolina* provenientes de algodón, frijol y ajonjolí fueron similares morfológica y patogénicamente. (6 E). Este hongo puede crecer vegetativamente y producir grandes cantidades de esclerosios, los cuales pueden germinar en condiciones de bajo potencial de agua. (18 E)

Control

En el manejo de esta enfermedad, se han evaluado varios sistemas de control: cultural, biológico, genético y químico, sobre todo en sorgo y soya; en ajonjolí se está evaluando el control biológico; se recomiendan algunas prácticas para el manejo de *M. phaseolina* en ajonjolí.

Control cultural.

Entre el manejo cultural se puede citar la solarización y el calentamiento natural por enmienda de residuos de crucíferas (13 E) En este sistema se trata de combinar la exposición del suelo al sol y la aplicación en "mulch" de residuos vegetales de crucíferas en el control de la pudrición carbonosa.

Mediante este proceso el suelo alcanza temperaturas entre 57 y 50°C a profundidades de 0-15 y 16-30 cm, respectivamente; como resultado se obtiene en 15 días la erradicación entre un 93 y 99% de la población de microesclerosios de *M. phaseolina* en ambas profundidades (13 E).

En cuanto a la rotación de cultivos, es importante anotar que este patógeno es omnívoro, lo que quiere decir que ataca un gran número de plantas; sin embargo en soya, las rotaciones con algodón reducen considerablemente las poblaciones de microesclerosios de *M. phaseolina*, más que si se realizaran con maíz y sorgo. (9 E)

Por lo tanto, la rotación de cultivos es un método efectivo para reducir la enfermedad, aunque el otro cultivo en la rotación sea hospedero de *M. phaseolina*.

La labranza convencional de rastra y rastrillo, es otra labor de control de la pudrición carbonosa. En estudios realizados con soya y sorgo se ha demostrado el efecto positivo de ésta labranza sobre la densidad de población de *M. phaseolina*.

En sorgo, la densidad de población de esclerosios de *M. phaseolina* se aumentaba en la capa de suelo entre los 0 y 15 cm en no labranza, frente a labranza convencional. Mientras que con soya, la cantidad de esclerosios aumentaba en los primeros 7.5 cm de la capa, con no labranza. (28 E)

Los análisis demostraron que estos comportamientos en la densidad de esclerosios, se debieron primero a la reducción de la compactación del suelo y segundo a la alta concentración de inóculo, debido a los residuos de cosecha dejados sobre la superficie del suelo.

El contenido de materia orgánica y la densidad de población de *M. phaseolina* en la capa de suelo entre 0 y 7.5 cm, están significativa y positivamente correlacionadas; y el porcentaje de materia orgánica es significativamente más alto en la capa superficial del suelo proveniente de no labranza, que en los de labranza convencional (27 E).

Fertilizaciones ricas en nitrógeno, son medidas que favorecen la reducción de la densidad de inóculo de este hongo (8, 5 E). El hongo *Macrophomina phaseolina*, también puede ser controlado, manteniendo el suelo húmedo; la enfermedad es severa sobre plantas sujetas a estrés de agua (29 E).

En estudios realizados sobre el efecto del agua potencial (y_m) sobre el crecimiento micelial y producción y germinación de esclerosios de *M. phaseolina*, se pudo comprobar que el hongo con potenciales de agua entre -1.880 y -3.340 J/kg, crece vegetativamente y produce grandes cantidades de esclerosios, todos ellos viables a bajo potencial de agua. (18 E). Sin embargo cuando el potencial de agua está entre -8.270 y -12.020 J/kg, se inhibe la producción de esclerosios; esto nos indica que la producción y germinación de esclerosios de *M. phaseolina* se puede incrementar con niveles deficientes de agua (18 E). Foto 41 .

Se ha logrado controlar el ataque de la pudrición carbonosa aplicando riego, no obstante las altas temperaturas. Condiciones de baja humedad en el suelo, conllevan a un stress de agua que resulta más importante que las temperaturas altas, como factor de predisposición al ataque de la pudrición carbonosa. (17,6 E).

Control biológico

El control biológico de enfermedades en plantas es utilizado como una alternativa en aquellos casos en los cuales se dificulta la aplicación de otros métodos de control, especialmente el uso de productos químicos. Varios patógenos como *Sclerotium* sp., *Rhizoctonia* sp., y *Pythium* sp., han sido controlados biológicamente utilizando microorganismos antagónicos como *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp., *Penicillium* spp., y algunas bacterias (22 E).

En el Centro de Investigaciones "Nataima" de Corpoica, se han evaluado las siguientes cepas nativas de *Trichoderma* spp., provenientes de lotes cultivados con ajonjolí :

1. NAT.-1 (Procedente del lote III-5 del C.I. Nataima)
2. NAT. 1-7A (Procedente del lote I-7A Gradientes del C.I. Nataima)
3. NAT. 1-7B (Procedente del lote I-7B Gradientes del C.I. Nataima)
4. NAT. II-5 (Procedente del lote II-5 del C.I. Nataima)

Respecto a la tasa de crecimiento de cada una de estas cuatro cepas, se puede comentar lo siguiente :

Las cepas con más alta velocidad de crecimiento radial, respecto al diámetro total de la caja Petri (9 cm) y su relación con el crecimiento del patógeno en su orden son :

NAT. 1.	Con velocidad de crecimiento promedio/día : 1.65 cm
NAT. 1-7A	Con velocidad de crecimiento promedio/día : 1.50 cm
NAT. 1-7B	Con velocidad de crecimiento promedio/día : 1.35 cm
NAT. II-5	Con velocidad de crecimiento promedio/día : 0.50 cm.
PATOGENO	Con velocidad de crecimiento promedio/día : 0.45 cm.

Con respecto a la prueba de antagonismo in vitro, frente al hongo *Macrophomina phaseolina*, las cepas tuvieron el siguiente comportamiento :

NAT. 1 Un promedio de velocidad de colonización de 1.80 cm/día, con respecto a su crecimiento promedio normal, además mantuvo su viabilidad de competencia por espacio de 109 días.

NAT. 1-7A. Un promedio de crecimiento con respecto al patógeno de 1.70 cm/día. La viabilidad fue de 45 días.

NAT. 1-7B. Un promedio de crecimiento con respecto al patógeno de 1.40 cm/día y mantuvo su viabilidad por espacio de 45 días.

NAT. II-5. Un promedio de crecimiento con respecto al patógeno de 1.35 cm/día y mantuvo su viabilidad de competencia por espacio de 30 días.

Pruebas de laboratorio

A nivel de laboratorio se llevaron cabo inicialmente pruebas de imbibición de semillas de ajonjolí de la variedad Ambalá, con el objeto de conocer el tiempo de exposición en el agua y porcentaje de germinación. Se evaluaron cuatro tiempos de exposición de 15, 30, 45 y 60 minutos; dos métodos de secado: uno a temperatura ambiente y otro a la estufa a 30°C, además se evaluaron tres tiempos de secado: de 15 minutos, 8, 24 y 48 horas.

Los resultados son los siguientes:

El mejor tiempo de imbibición de las semillas fue de 60 minutos Entre los métodos de secado hubo muy pocas diferencias, sin embargo se recomienda por facilidad de los productores el secado al medio ambiente. El tiempo de secado fue de 48 horas.

Con esta metodología se obtuvo un porcentaje de germinación del 90%.

Estas pruebas nos permitieron evaluar parámetros para realizar más tarde la etapa de "invigorización" bajo concentraciones de *Trichoderma* spp., con el objeto de proporcionar a la semilla protección biológica.

Prueba de Invigorización

Para esta prueba se utilizaron semillas de ajonjolí de las variedades Ambalá y Pacandé y la cepa NAT-1 de *Trichoderma* sp.

Se usaron los mejores parámetros de la prueba anterior con respecto a: tiempo de exposición al biocontrolador, secado al medio ambiente por 48 horas y una concentración del hongo de 6×10^8 . Además se realizó una prueba de viabilidad fitosanitaria con respecto al hongo en cajas de petri con papa, dextrosa, agar (PDA).

También se realizaron pruebas de empaque, lugar y tiempo de almacenamiento de la semilla *invigorizada*, así: empaque en papel aluminio dentro de una bolsa de papel; conservación en nevera (4°C) y al ambiente y almacenamiento por 30, 45, 50 y 65 días.

Con el objeto de evaluar la persistencia del hongo biocontrolador tanto en la testa como en el tegumento de la semilla invigorizada; una cantidad de semilla se lavó en hipoclorito de sodio al 1% por 15 segundos y otra cantidad se dejó como testigo.

Los resultados obtenidos permiten determinar que el mejor tiempo de exposición al biocontrolador se obtuvo en los rangos de 45 y 60 minutos.

El grupo de semillas no desinfestadas en hipoclorito de sodio tuvo un crecimiento radial total del 100 por ciento a las 48 horas, frente al grupo de semillas desinfestadas que obtuvo ese mismo crecimiento a las 96 horas.

En cuanto al empaque, lugar y tiempo de almacenamiento no hubo diferencias; por lo tanto se recomienda la envoltura de aluminio en la bolsa de papel; temperatura al medio ambiente y el rango de almacenamiento entre 30 y 65 días.

Este tratamiento ofrece a la semilla protección en el campo desde el momento de la germinación hasta los 25 días después de emergida.

Control genético

El control de la enfermedad debe enfocarse básicamente hacia la resistencia genética (20 E). En el cultivo de sorgo se han adelantado estudios sobre niveles de humedad del suelo y métodos de inoculación de *M. phaseolina* para desarrollar una técnica de evaluación de genotipos.

En la Estación Experimental de Suweon en Korea, en el año de 1984, fue desarrollada la variedad de ajonjolí "Ansan" resistente a enfermedades tales como el "damping off" causado por *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia* sp. y el marchitamiento por *Fusarium* sp. Este material es excelente productor de aceite de alta calidad, con 54% de contenido y un 46.9% de contenido de ácido linoleico (12 E).

En el Centro de Investigación "Nataima" de Corpoica situado en El Espinal (Colombia), se realizó un tamizado de líneas y genotipos promisorios de ajonjolí bajo condiciones naturales, con el objeto de identificar fuentes de resistencia a *M. phaseolina*.

Además se estandarizó la técnica de tamizado en campo para evaluar la resistencia al patógeno, inoculando las plantas con *Macrophomina* p. el cual es multiplicado en el laboratorio en concentraciones adecuadas. Fotos 42 y 43.

De las 138 introducciones de ajonjolí evaluadas en cuatro ciclos de siembra en campo entre 1996 y 1998, buscando resistencia varietal al ataque del hongo *Macrophomina phaseolina*, se seleccionaron tres materiales que mostraron estados importantes de tolerancia al patógeno.

E.P.R. L-44 Esta línea mostró durante los cuatro ciclos de evaluación en campo, bajo presión de inóculo, excelente comportamiento de tolerancia y altos rendimientos con relación a las otras accesiones (704.5 kg/ha); lo cual permite recomendarla como material altamente resistente al patógeno.

E.P.R. L-43 Al Igual que la línea anterior, ésta mostró buena tolerancia al patógeno durante los cuatro ciclos de evaluación en campo, bajo presión de inóculo, además presentó los mejores rendimientos (1.102 kg/ha). Se recomienda también como material altamente resistente al patógeno.

E.P.R. L-42. Esta línea fue seleccionada por presentar en las pruebas de campo, tolerancia moderada al patógeno

solamente durante dos ciclos. Además presentó un buen rendimiento promedio de 506.9 kg/ha. Se aconseja realizarle otras evaluaciones.

Control químico

Los fungicidas son una herramienta importante de control de enfermedades en cultivos de alta producción y pueden ser efectivos en el control de patógenos que viven en residuos de cosecha. Sin embargo estos controles suelen ser muy costosos, tanto por el valor del producto como por la aplicación. Además, en la efectividad del fungicida los factores medioambientales y las épocas de aplicación juegan un papel importante; en el caso de la pudrición carbonosa (*M. phaseolina*) es muy incierta la efectividad del control químico por tratarse de un patógeno habitante natural del suelo y productor de órganos de resistencia como son los esclerosios. Por tales circunstancias no se puede realizar una recomendación general en el uso de fungicidas.

El tratamiento a la semilla es una excelente alternativa en el control químico de patógenos habitantes naturales del suelo. El uso de fungicidas sistémicos, es una buena oportunidad para el control de pudriciones de raíces y tallos, que no se podían controlar con los fungicidas foliares.

Existen algunos herbicidas que logran una significativa baja de población de esclerosios de *M. phaseolina*. Filho y Dhingra (1980), al probar el efecto de cinco herbicidas en dosis comerciales, sobre la densidad de inóculo de *M. phaseolina*, los herbicidas evaluados lograron una significativa baja de la población del patógeno. (8 E)

Esta experiencia se puede tomar como ayuda en el manejo de la pudrición carbonosa, al realizar tratamientos de control de malezas y residuos de cosecha.

MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS

El término maleza se aplica a una planta que se presenta en un determinado sitio cuando no se desea. Una planta de maíz en un cultivo de ajonjolí, se considera como maleza o a la inversa, la presencia de una en otra puede ocasionar interferencia o competencia, dañar la calidad del producto cosechado o facilitar la diseminación de plagas o enfermedades. Foto 44.

Desde el punto de vista agrícola, las malezas compiten con el cultivo por los recursos agua, luz, nutrientes y espacio, los cuales dependiendo del cultivo, época de competencia y número de individuos van a presentar un mayor o menor

grado de incidencia. Los cultivos comerciales normalmente son plantas que el hombre ha domesticado y a las que ha dado condiciones favorables para su crecimiento, mientras que las malezas han sobrevivido por miles de años a condiciones adversas de clima y suelo y aún de superpoblación, convirtiéndose en individuos de mayor probabilidad de sobrevivencia ante cualquier estrés; cuando aparece la maleza en el cultivo y éste recibe agua o fertilizante, normalmente la maleza saca el mayor provecho.

El manejo integrado de las malezas tiene por objeto ordenar y priorizar los conocimientos que se tienen de las malezas, de las prácticas culturales y del manejo agronómico del cultivo con el fin de reducir su impacto sobre el cultivo y el medio ambiente.

La época crítica de competencia de las malezas con el cultivo se refiere al tiempo en el cual el cultivo debe permanecer libre de malezas para que el rendimiento no se afecte; conocer este tiempo es factor importante para decidir si realizar o no un control; esta etapa para la mayoría de cultivos anuales está alrededor de los 40 días después de germinación.

Manejo biológico

Bajo condiciones naturales todos los seres vivos tienen sus propios enemigos, lo que hace mantener el equilibrio en la biósfera. En las malezas esta regulación se puede dar a través de otra planta, grandes y pequeños artrópodos, nemátodos, hongos y bacterias entre otros. Se conoce que la cría y liberación de organismos vivos tienen limitantes políticos, sociales, ecológicos, climáticos, mercado y eficiencia en campo, que dificultan la utilización masiva y permanente de estos agentes controladores; sin embargo en algunos países asiáticos, crían y liberan patos para el control de algunas malezas en el cultivo de arroz.

Un estudio en la India bajo condiciones de campo, en coquito (*Cyperus rotundus*) de 7 días de edad con la aplicación del hongo *Fusarium Oxysporium* causó una reducción significativa del número de bulbos y peso de la maleza respecto al testigo no aplicado. (10 M)

En El Espinal se ha detectado el gusano cachón *Celerio linneata* consumiendo gran cantidad de *Boheravia erecta*, maleza asociada al cultivo de ajonjolí en el Tolima. (12 M).

Otra forma de manejar las malezas, es utilizar plantas que presenten alta tasa de crecimiento y producción abundante de fitomasa o que generen sustancias tóxicas que retarden la germinación de la semilla o que interfieran con el crecimiento y desarrollo de otra; la *Crotalaria juncae*, es una especie que cumple con las condiciones anteriores. En un estudio en el Centro de Investigación Nataima de El Espinal, la semilla de *Cannavalia ensiformis* inhibió por 12 días la germinación de semillas de especies de malezas que se encontraban en un diámetro cercano a los dos centímetros (13 M).

Manejo mecánico

Se puede reducir las malezas es con labores agrícolas como el pase de un implemento sobre la maleza emergida o cortándola a ras de suelo, antes que florezca con el fin de evitar reinfestaciones. Dependiendo de la agresividad, sistema de reproducción o condiciones ambientales, el manejo mecánico se puede alternar con la aplicación de herbicida para hacer más eficiente el control. La tabla 13 presenta diferencias entre el control mecánico y químico de las malezas.

Tabla 13. Comparación del manejo mecánico y químico de las malezas

Mecánico	Químico
1. Cambios indeseables del suelo	- No cambia la condición física del suelo.
2. Imposible dar en condiciones de alta humedad del suelo.	- Posible de dar en suelo muy húmedo.
3. Siempre se hace sobre maleza emergida.	- Con y sin presencia de la maleza en el cultivo.
4. Suprime toda la maleza.	- Algunas malezas resisten y se convierten en problema.
5. Sin problemas de daño posterior	- Posibles problemas por residualidad o acarreo por viento.
6. No mata semillas y debe repetirse	- Mata semilla y tiene residualidad
7. No puede efectuarse sobre el cultivo	- Mata la maleza sobre la hilera del cultivo.
8. No exige cuidados ni conocimiento	- Exige conocer las malezas y el herbicida
9. Menor costo de la labor	- Mayor costo por el herbicida y su aplicación.
10. No causa contaminación al hombre ni al ambiente	- Produce contaminación

Tomado del Manual de Herbicidas y Fitorreguladores. Rojas, G.M. y Vasquez. G.R.1995, y ampliado por Roberto Simonds Morales.

Manejo cultural

La rotación de cultivos es una vía para reducir la presencia de malezas cuando se utilizan herbicidas de diferente mecanismo y modo de acción a los que tradicionalmente emplea el agricultor en su lote; otra manera es modificando de las condiciones normales de oxigenación del suelo a las que usualmente está sometida; practicando drenaje o inundación; de esta manera se cambia la dinámica de las especies: cuando se inunda prosperan las malezas acuáticas y ciperáceas y cuando se oxida el suelo se favorece las gramíneas y hojas anchas. Las malezas más frecuentes asociadas al cultivo de ajonjolí en Colombia se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Malezas predominantes en el cultivo del ajonjolí en Colombia

Nombre común	Nombre científico
Gramíneas	
Liendre puerco	<i>Echinochloa colonum</i>
Guarda rocío	<i>Digitaria sanguinalis</i>
Pata de gallina	<i>Eleusine indica</i>
Caminadora	<i>Rottboelia cochinchinensis</i>
Pasto Jhonson	<i>Sorghum halepense</i>
Granadilla	<i>Panicum fasciculatum</i>
Limpia frascos	<i>Setaria geniculata</i>
Cadillo	<i>Cenchrus brownii</i>
Pajamona	<i>Leptochloa sp.</i>
Falsa caminadora	<i>Ischaemum rugosum</i>
Paja blanca	<i>Eragrostis sp.</i>
Pasto argentina	<i>Cynodon dactylon</i>
Cartagena	<i>Stenotaphrum secundatum</i>
Hojas anchas	
Lagaña de perro	<i>Boerhavia erecta</i>
Bledo	<i>Amaranthus sp.</i>
Escoba	<i>Sida sp.</i>
Chilinchil	<i>Cassia tora</i>
Batatilla	<i>Ipomoea sp.</i>
Uchuva	<i>Physalis angulata</i>
Pega pega	<i>Desmodium sp.</i>
Lechosa	<i>Euphorbia hirta</i>
Frijolillo	<i>Phaseolus lathyroides</i>
Espadilla	<i>Corchorus orinocensis</i>
Ciperáceas	
Coquito	<i>Cyperus rotundus</i>
Cortadera	<i>Cyperus diffusus</i>

Una época de siembra que coincida con las mejores condiciones climáticas para el cultivo y una baja germinación de malezas, disminuye la competencia de estas con el cultivo.

La limpieza oportuna de canales de riego y bordes de cerca al igual que el uso de semilla para siembra libre de malezas, favorecen la no presencia de malezas exóticas en los lotes.

La siembra de un cultivo sin preparar el suelo, más conocida como siembra directa, es otra manera de reducir la cantidad y diversidad de malezas si hacen las labores de control de manera adecuada y oportuna, como se explica en el capítulo de Manejo de Suelos. La siembra directa permite seleccionar una o la suma de estrategias de control de malezas; su precio y límites se deben balancear teniendo metas para el corto y mediano plazo; la siembra directa debe entenderse como un sistema en el cual no sólo las malezas son importantes sino todos los elementos que participan en el proceso normal de producción.

No existen fórmulas para el manejo de las malezas en lotes bajo siembra directa; son las circunstancias particulares del lote las que señalan el rumbo a seguir, con los conocimientos de biología y agronomía que tiene el profesional y la experiencia del agricultor es como se construye la estrategia de manejo del cultivo bajo siembra directa.

Manejo químico

El herbicida para el control de malezas aplicando antes de la emergencia del cultivo o de las malezas o después que esto ocurra, recibe el nombre de herbicida preemergente y postemergente, respectivamente.

Dentro de los postemergentes se encuentran herbicidas que atacan una gran cantidad de malezas, y no son selectivos es por ello que se utilizan antes de la siembra del cultivo como el glifosato o el paraquat, que se aplican sobre la calle en el cultivo establecido.

El Ingeniero agrónomo debe conocer las características fisicoquímicas del herbicida, las malezas que controla, las dosis y época de aplicación para el éxito en el control de malezas, como una guía se presenta la lista de herbicidas que pueden ser utilizados en el control de malezas en ajonjolí. Tabla 15.

En Venezuela se ha obtenido excelente control de malezas gramíneas por la aplicación preemergente de Alaclor (4.0 e 1ha^{-1}). En un lote de ajonjolí de 20 – 30 cm de altura invadido por malezas gramíneas y hojas anchas, se logró control satisfactorio de las malezas y daños muy leves a las plantas de ajonjolí con aplicación dirigida de karmex 1.5 L ha^{-1} y un

Tabla 15. Herbicidas utilizados en ajonjolí

Nombre técnico	Nombre comercial	Dosis/ha comercial	Malezas que controla			Epoca de aplicación
			Gramíneas	Ciperáceas	H. anchas	
Alaclor	Lazo	3.0 – 4.0 L.	X	X	—	Preemergencia
Diuron	Karmex	0.8 – 1.0 kg	X	X	X	Preemergencia
Trifluralina	Treflan – Rival	2.0 – 3.0 L.	X	—	X	Pre-siembra incorporado
Metolaclor	Dual	1.5 – 2.5 L.	X	X	X	Preemergencia
Acetolaclor	Harness	2.0 – 2.5 L.	X	—	X	Preemergencia
Fluazifop butil	Fusilade	0.8 – 1.2 L.	X	—	—	Postemergencia
M.S.M.A.	Master	2.0 – 3.0 L.	X	X	X	Postemergencia dirigida
Halosulfuron metil	Sempre	60 – 80 g	—	X	X	Postemergencia dirigida
Glufosinato	Basta	2.0 – 3.0 L.	X	X	X	Postemergencia dirigida *
Glifosato	Roundup-faena	2.0 – 3.5 L.	X	X	X	Postemergencia dirigida
Paraquat	Gramoxone	1.0 – 2.0 L.	X	X	X	*Postemergencia dirigida

* O total antes de la siembra del cultivo.

surfactante, resultando las plantas de ajonjolí menos sensibles al daño después de los 30 días de edad. El uso de herbicidas selectivos incorporados al suelo antes de la siembra en campos de ajonjolí bajo riego, ofrece un control efectivo y económico de las malezas. (9 M).

Estudios realizados en Colombia con los herbicidas en las dosis siguientes por hectárea: Vernolate (PSI) 4.0 litros, Dual (Pre) 3.0 lit, Lazo (Pre) 3.0 lit, Karmex (Pre) 0.8 kg, Prowl (Pre) 3.0 lit, Treflan (PSI) 3.0 litros, Dual (Pre) 2.0 litro, Afalon (Pre) 1.0 kg y la mezcla Lazo 3.0 + Fusilade (pos) 1.5 lit y un testigo sin aplicación. con evaluaciones sobre índice de daño hasta los 30 días mostraron que los productos Vernolate, Pendimetalin, Linuron y Oxyfluorfen fueron fitotóxicos al cultivo, éste último causó muerte total a las plantas de ajonjolí. Se observó baja residualidad de los herbicidas en el control de gramíneas y los mejores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de lazo + fusilade, karmex, Dual, Lazo y Treflan. (2 M)

En un estudio en el C.I. Nataima, Corpoica 1999, con la línea experimental 198 de ajonjolí se probó su comportamiento en un suelo franco arenoso con y sin preparación de suelo a los que se aplicaron tratamientos mecánicos y químicos para el control de malezas. A los 5 y 20 días antes de la siembra se aplicó glifosato a las franjas de no preparación. La dosis siguientes de los herbicidas se refiere a ingrediente activo por hectárea, los tratamientos que se evidenciaron fueron:

1 - Cultivada a los 20 días después de siembra; 2 - Cultivada a los 30 días después de siembra; 3 - Harness (acetoclor) 2250 g; 4 - Karmex (Diurón) 1600 g; 5 - Gesaprim (Atrazina) 750 g; 6 - Master (M.S.M.A) 1800 g; 7 - Fusilade (Fluazifop butil) 250 g; 8 - Semptra (Halosulfuron metil) 60 g; 9 - Con maleza todo el ciclo y 10 - Sin maleza todo el ciclo. Los herbicidas acetoclor y Diurón se aplicaron en preemergencia y los otros a los 20 días después de siembra sobre las calles.

Con la no preparación de suelo se presentó un 50% más de incidencia de *Macrophomina*, 12% más de peso seco de malezas gramíneas, 10% más de cápsulas por planta, 28% más de peso de las cápsulas y 31% más de rendimiento como se observa en la tabla 16.

Tabla 16. Variables promedios de dos sistemas de preparación de suelo con manejo mecánico y químico de malezas en ajonjolí, C.I. Nataima, El Espinal, 1999.

Variable	Con preparación (convencional)	Sin preparación (S. directa)	¹⁾ Significancia
Incidencia de <i>Macrophomina</i> (%)	15.7	35.5	*
Plantas de ajonjolí por metro (No.)	3.4	3.9	NS
Peso seco malezas hojas anchas (g)	37.6	34.7	NS
Peso seco malezas gramíneas (g)	146.3	167.1	*
Peso seco malezas ciperáceas (g)	47.7	5.0	NS
Peso seco total de malezas (g)	231.7	206.9	NS
Carga efectiva (cm)	84.0	84.6	NS
Capsulas por planta (No.)	60.6	67.9	NS
Peso cápsulas (g)	9.1	12.7	NS
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	355.6	515.6	**

1) Significancia: ** Altamente significativo, * Significativo, NS: No significativo

La mayor incidencia de *Macrophomina* donde no se preparó el suelo supone una mayor disponibilidad de esclerocios para atacar las plantas de ajonjolí.

Los tratamientos Atrazina y sin malezas todo el ciclo presentaron los porcentajes más bajos de *Macrophomina* con 14.6 y 22.1% respectivamente como se aprecia en la tabla 17. Se sospecha como facilitadores de la enfermedad a la malezas *Phyllanthus niruri*, *Boerhavia erecta*, *Euphorbia hirta*, *Digitaria sanguinalis* y *Eleusine indica* por su mayor presencia en los tratamientos de alta incidencia de *Macrophomina*, falta; realizar estudios específicos para

entender el comportamiento del hongo en el medio y las condiciones predisponentes de la planta al ataque de patógeno.

Tabla 17. Incidencia de *Macrophomina*, peso de malezas y rendimiento de ajonjolí bajo dos sistemas de preparación de suelo con manejo mecánico y químico de malezas, C.I. Nataima, El Espinal, 1999

Manejo de malezas			% Incidencia <i>Macrophomina</i>	Peso hojas anchas	Peso gramíneas	Peso ciperáceas	Rendim. Kg ha ⁻¹
Limpio todo el ciclo			22.1 bc	6.8 d	37 e	19.5 ab	801 a
Sempre	80 g	20 DDS	28.3 ab	31.6 bcd	127 d	3.6 b	529 b
Master	2.5 lit	20 DDS	23.4 bc	47.8 abc	131 cd	30.0 ab	458 bc
Karmex	2.0 kg	premerge	26.1 abc	51.6 ab	177 bcd	15.4 ab	452 bc
Harness	2.5 lit	premerge	30.8 ab	46.9 abc	172 bcd	21.3 ab	427 bc
Cultivada	30 DDS		25.1 abc	27.0 bcd	314 a	14.7 ab	409 bc
Cultivada	20 DDS		25.0 abc	21.2 bcd	136 cd	51.0 a	347 bc
Fusilade	1.0 lit	20 DDS	25.1 abc	69.7 a	47 e	44.9 ab	332 bc
Con maleza todo el ciclo			35.5 a	42.6 abc	217 b	17.7 ab	308 c
Atrazina	1.5 kg	20 DDS	14.6 bc	16.3 cd	204 bc	45.7 ab	289 c

Los mejores controles de malezas de hoja ancha (Dicotiledóneas) se obtuvieron con Atrazina, cultivada a los 20 o 30 días y Sempre, siendo el primero altamente tóxico al ajonjolí. La menor presencia de gramíneas se obtuvo con cultivo limpio todo el ciclo y Fusilade. Las ciperáceas representadas en un 98% por *Cyperus rotundus* fue bien controlada por Sempre.

El mejor rendimiento le correspondió al tratamiento limpio todo el ciclo con 801 kg ha⁻¹ y el menor con Atrazina con 289 kg/ha.

MANEJO ECOFISICO LOGICO DE LA BATATILLA

Las malezas es un componente decisivo en el sistema de producción de Ajonjolí, ya que compiten agresivamente por agua, luz, nutrimento y espacio; además causan problemas de alelopatía y en el caso de la batatilla dificultan su recolección, utilización, comercialización, disminuyen su calidad e incrementan los costos de producción.

El limitado conocimiento sobre la biología de las malezas se constituye en uno de los principales factores para desarrollar modernas y eficientes técnicas como estrategias de manejo integrado de las mismas. Algunas especies del género

Ipomoea spp se han reportado como malezas de difícil manejo en los cultivos del trópico, situación que afecta a los productores, asistentes técnicos y entidades relacionadas con este tópic. (4,6,11 M)

Existen cuatro procesos involucrados en la reproducción de las malezas: producción, diseminación, germinación de las semillas y la reproducción vegetativa.

Los trabajos realizados estuvieron enfocados a determinar los factores que mas inciden en la mayor o menor germinación de la semilla y como se da la reproducción vegetativa en la especie batatilla.

Determinación morfológica de las especies

Mediante muestreos en transecto en las zonas productoras de Ajonjolí se logro determinar que las especies de batatilla más importantes según sus características botánicas son, en orden de importancia para el Centro y Sur del Tolima: *Ipomoea hirta* (95%), *Ipomoea hederifolia* (4%) e *Ipomoea congesta* (1%).

Determinación de la imbibición y germinación de batatilla

Como el material genético se utilizaron las tres especies de batatilla mencionadas.

Como diseño experimental se utilizó el completamente al azar con arreglo factorial donde el primer factor fue el tipo de escarificación (sin escarificación, física y química (Acido sulfúrico (90%) por 5 y 10 minutos 10 g de semilla por centímetro cúbico del ácido). El segundo factor fue la dosis de agua (1,2,3,8 y 16 cc por 50 semillas) y el tercer factor las horas de lectura (2, 4, 24, 48 y 72 horas).

Ipomoea congesta R. Br., *Ipomoea hederifolia* Linn., *Ipomoea hirta* Mart. Et. Gall., *Ipomoea tiliacea* (Willd) Choisy, e *Ipomoea purpurea* (L) Roth., frecuentemente producen semillas con cubiertas duras, trayendo como consecuencia una germinación desuniforme, inicialmente la semilla posee latencia provocando la germinación escalonada e induciendo a la producción de semillas en casi todas las épocas del año. (6 M).

Para el factor escarificación reflejado en la ganancia en peso, el de mejor comportamiento fue la física, que consistió en pasar las semillas de las tres especies de batatilla por una sola vez y por un tamiz descascarador de arroz. La escarificación física mostró consistencia en su expresión para las tres especies de batatilla, pudiéndose asegurar que con

el uso indiscriminado de maquinaria agrícola en las diferentes labores de preparación del suelo y de control de malezas, están asegurando un tipo de escarificación física en la población de semillas presentes en la capa arable de suelo y así se facilita la penetración de agua a la semilla. Tabla 18.

Tabla 18. Promedios de la ganancia en peso (g) para la escarificación en la imbibición de batatilla, C.I. Nataima, 1998.

Tratamiento	<i>Ipomoea hirta</i>	<i>Ipomoea hederifolia</i>	<i>Ipomoea Congesta</i>
Física	1.02 a	1.21 a	2.00 a
H ₂ SO ₄ por 5 minutos	0.59 b	0.70 c	1.18 b
H ₂ SO ₄ por 10 minutos	0.60 b	0.69 c	1.19 b
Testigo (Sin escarific)	0.55 c	0.73 b	1.17 b

Valores en las columnas con diferente letra son estadísticamente diferentes según Tukey (P < 0.5)

Para el factor dosis de agua adicionado a las semillas, se expresó en forma diferencial para cada una de las especies de batatilla y explicado por el tamaño de la semilla y es así como *Ipomoea hirta* e *Ipomoea hederifolia* que presentan similar tamaño obtuvieron la mayor ganancia con 4 y 8 cc respectivamente; caso contrario sucedió con *Ipomoea congesta* que presentó el mayor tamaño, alcanzó el mayor peso con la mayor dosis de agua evaluado, 16 cc. Tabla 19.

Tabla 19. Promedios para la ganancia en peso (g) según dosis de agua en la imbibición de batatilla. C.I. Nataima, 1998.

Tratamiento	<i>Ipomoea hirta</i>	<i>Ipomoea hederifolia</i>	<i>Ipomoea Congesta</i>
16 cc	0.70 ab	0.88 ab	1.51 a
8 cc	0.70 ab	0.90 a	1.48 ab
4 cc	0.73 a	0.86 b	1.44 b
2 cc	0.66 b	0.78 c	1.35 c
1 cc	0.65 b	0.72 d	1.12 d

Valores en las columnas con diferente letra son estadísticamente diferentes según Tukey (P < 0.5)

La mayor ganancia en peso marcó la misma tendencia para las tres especies de batatilla evaluadas, expresando que a mayor tiempo de exposición a la humedad mayores son los valores de acumulación de agua reflejado en la ganancia de peso entre las 48 y 72 horas. Tabla 20.

Tabla 20. Promedios para la ganancia en peso (g) según tiempo de lectura en la imbibición de batatilla, C.I. Nataima, 1998.

Tratamiento	<i>Ipomoea hirta</i>	<i>Ipomoea hederifolia</i>	<i>Ipomoea congesta</i>
72 horas	0.82 a	0.95 a	1.57 a
48 horas	0.82 a	0.93 a	1.59 a
24 horas	0.67 b	0.82 b	1.42 b
4 horas	0.61 c	0.77 c	1.24 c
2 horas	0.54 d	0.68 d	1.10 d

Valores en las columnas con diferente letra son estadísticamente diferentes según Tukey ($P < 0.5$)

El mayor valor de germinación en porcentaje fue alcanzado por las tres especies de batatilla con la escarificación física, coincidiendo con lo reportado por Harcastle (1978), quien afirma que después de 72 horas de incubación, el 0.4% de las semillas de *Ipomoea obscura* Hassk, sin escarificar germinaron, comparado con el 98% de las semillas germinadas punzadas con agujas. Las semillas expuestas a la acción de ácido por 30 y 45 minutos tuvieron una germinación baja, al igual al encontrado con las expuestas por 5 y 10 minutos en ácido sulfúrico. Estos valores demuestran el efecto en campo que tiene el uso de instrumentos para la preparación de suelo en la germinación escalonada del banco de semillas de batatilla presente en la capa arable, también se puede aseverar que la presencia de los diferentes ácidos en el suelo también muestran algún grado de efecto en la germinación de la especie de *Ipomoea hirta*. Tabla 21.

Tabla 21. Promedios para la germinación (%) según escarificación en batatilla, C.I. Nataima, 1998.

Tratamiento	<i>Ipomoea hirta</i>	<i>Ipomoea hederifolia</i>	<i>Ipomoea Congesta</i>
Física	72.0 a	54.0 a	15.0 a
H ₂ SO ₄ por 5 minutos	2.4 c	2.9 b	1.1 b
H ₂ SO ₄ por 10 minutos	24.0 b	1.3 b	1.9 b
Testigo (Sin escarific)	0.1 c	1.1 b	0.4 b

Valores en las columnas con diferente letra son estadísticamente diferentes según Tukey ($P < 0.5$)

Reproducción vegetativa

Al encontrarse que la especie *Ipomoea hirta* es la de mayor presencia e incidencia en el sistema de ajonjolí, se diseñó un experimento dividiendo la planta en tres estratos de igual longitud, siendo el estrato 1 el basal, el 2 intermedio y el tres apical, seleccionados de plantas de 60 días después de germinadas.

El diseño utilizado fue el de completamente al azar, siendo los tratamientos los tres estratos, pudiéndose comprobar que además de la reproducción sexual o por semilla, también la planta de *Ipomoea hirta* se reproduce vegetativamente a través de su tallo, siendo el estrato de mayor prendimiento el intermedio (estrato 2), con lo cual se pudo confirmar que cada vez que se corta con una preparación mecánica se está dividiendo cada vez mas el tallo e incrementando la infestación con esta maleza. Tabla 22

Tabla 22. Promedio de prendimiento (%) de tallo de *Ipomoea hirta*.

Lectura	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
1	25.0	80.0	35.0
2	20.0	75.0	38.0
3	30.0	82.0	36.0
Promedio	25.0 c	79.0 a	36.0 b



Foto 1. Larva de *Antigastra catalaunalis* D., Enrollador del ajonjolí.



Foto 2. Larva de *Antigastra catalaunalis* D., Enrollador del ajonjolí.



Foto 3. Adulto de *Antigastra catalaunalis* D., Enrollador del ajonjolí.



Foto 4. Daño causado por el enrollador en yemas terminales del ajonjolí.



Foto 4a. Daño causado por el enrollador en cápsulas del ajonjolí.



Foto 5. Larva del enrollador del ajonjolí afectada por el *Bacillus thuringiensis* Bt.



Foto 6. Trozador de plántulas de ajonjolí, *Spodoptera frugiperda*.



Foto 7. Adulto de *Spodoptera* sp.



Foto 9. Terminales con ataque de áfidos.



Foto 8. Adulto del zancudo del ajonjolí, *Cyrtopeltis tenuis*.



Foto10. Adulto de *Cyclocephala ruficollis*.



Foto11. Adulto de *Cyclocephala* dañando flores de ajonjolí.

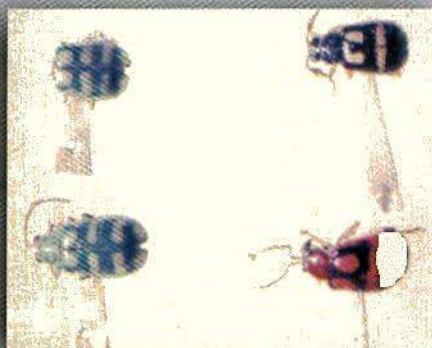


Foto12. Cucarroncitos perforadores del follaje
Crysomellidae.



Foto13. Mariquitas o Coccinélidos predadores.



Foto14. Chinches predadores. *Zelus*.



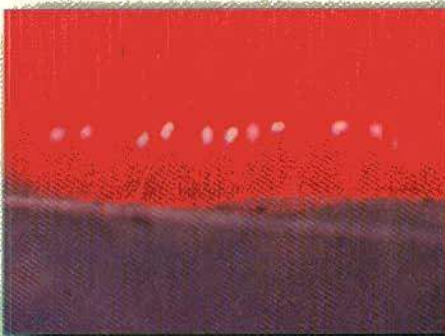
Fotos 15 y 16. Arañas.



Foto 17. *Geocoris*. Predator.



Foto 18. *Coleomegilla maculata*



Fotos 19 y 20. *Chrysopa* sp. Huevos en hojas y cápsulas de ajonjolí.

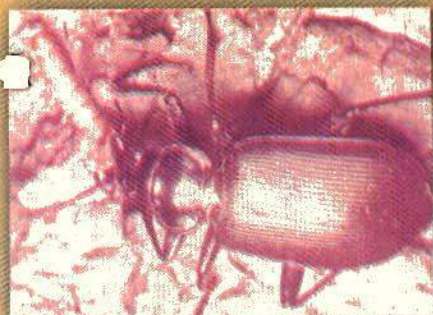
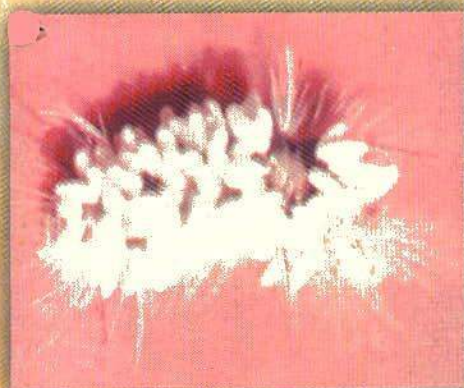
Foto 21. *Calosoma* sp.

Foto 22. Parasitoides.



Fotos 23 y 24. Parasitoides.

Foto 25. *Chelonus* sp.

Foto 26. Mycrohymenopteros.



Foto 27. Myrohymentopteros.



Foto 28. Hongos Entomopat6genos, *Nomurea rilleyi*.



Foto 29. Larvas de Antigastra afectadas por *Bacillus Thuringiensis* (Bt).



Foto 30. Hongos entomopat6genos.



Foto 31. Mancha angular en el ajonjolí.



Foto 32. Mancha foliar por Alternaria.

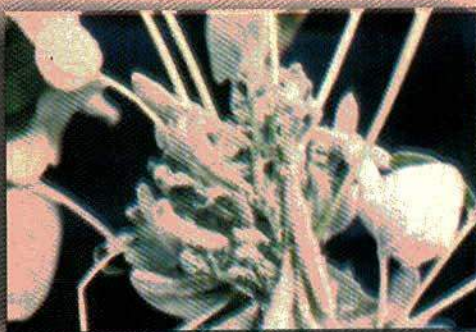


Foto 33. Filodia en ajonjolí.



Foto 34. Filodia en ajonjolí. C.I. Nataima 1994.



Foto 35. Filodia en ajonjolí.



Foto 36. Marchitez del ajonjolí.
Cultivo afectado.



Foto 37. Avance de la enfermedad.
Marchitez del ajonjolí.

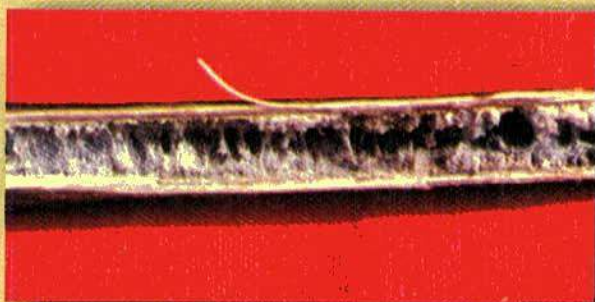


Foto 38. Esclerosos en el tallo del ajonjolí.

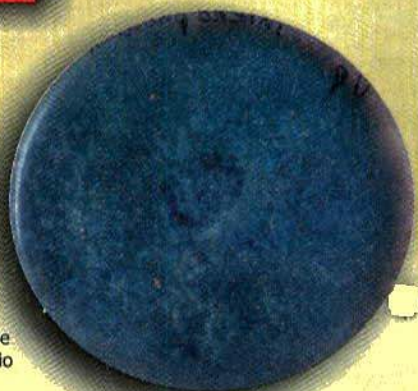


Foto 39. Desarrollo de los micelios de
Macrophomina Sp En medio
de cultivo.

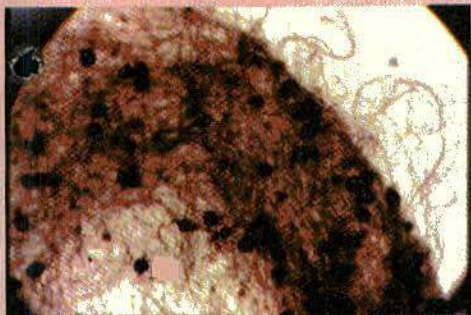


Foto 40. Micelios de *Macrohomina phaseolina*

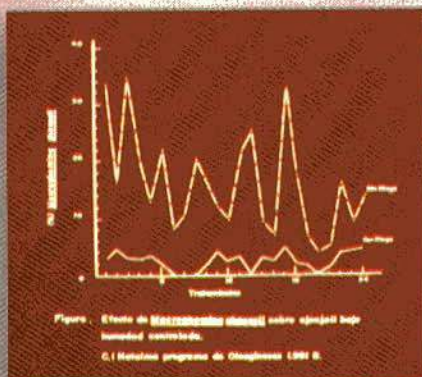


Foto 41. Control de *Macrohomina* con niveles de riego



Foto 42. Multiplicación de *Macrohomina phaseolina*.

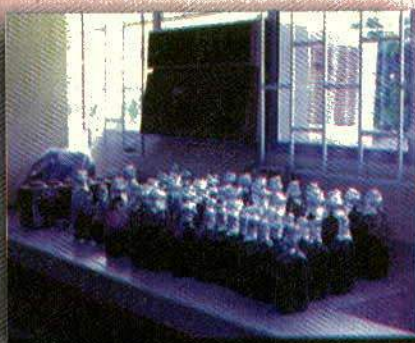


Foto 43. Multiplicación de *Macrohomina* para inoculaciones.



Foto 44. Urones de ajonjolí con batatilla.

BIBLIOGRAFÍA PLAGAS

1. ALTIERI. M. 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Edit por CLADES y ACAA. La Habana.
2. APONTE O. et al. 1987. El enrollador del ajonjolí nueva plaga del cultivo en Venezuela . En: Ajonjolí Año XXI No. 1. Caracas.
3. BANEGAS, J. 1995. Biología y diversidad de depredadores. Manual para la enseñanza del Control Biológico. Zamorano, Academic press. Honduras
4. BARRETO, J. 1977. Agentes del control natural de las plagas del algodón en Colombia. Programa de estudios para graduados en Ciencias Agrarias. Tibaitata.
5. BORROR D. 1959. And DELONG D. An Introduction to the Study of Insects United States of America.
6. BUSTILLO A, SÁNCHEZ (S.E.). 1985. Los áfidos en Colombia, plagas que afectan los cultivos agrícolas de Importancia Económica. En: ICA - COLCIENCIAS. Bogotá.
7. CAVE R. 1998. Características deseables de un buen manejo natural para el control de plagas. Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina. Zamorano.
8. CHOUDHARY R. 1983. Ecotoxicological studies with carbamate insecticides on pest complex of *Sesamun indicum* L. Synopsis of thesis submitted to P.C. Shool, IARI, New Delhi.
9. DÍAZ F. 1995. Biología y diversidad de parasitoides. Manual para la enseñanza del control biológico. Zamorano Academic press. Honduras.
10. DORESTES, E. 1998. Acarología. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José de Costa Rica.
11. HAJEK, A. An Leger R. 1994. Interactions between fungal pathogens and insect host. Institute for Plant Research . New York.
12. HALLMAN G. 1978. Informe sobre el enrollador *Antigastra catalaunalis* en ajonjolí. ICA, C.I. Nataima.
13. IBARRA G. 1994. Bacterias entomopatógenas En: Memoriais V Curso de Control Biológico Oaxaca.
14. ICA, 1972. Programa de Entomología. Informe Anual de labores. Centro Investigación. Nataima,
15. JENKINS N. et al. 1998. Development of Mass Production Technology for Aerial Conidia for use as mycopesticides En: Biocontrol News an Information. Vol. 19 No. 1. Biopesticides Programme Cabi Bioscience Uk Centre Silwood park Ascot, Berks.

16. KHAN H. 1951. Preliminary observations on Sesamun leafroller *Antigastra catalaunalis* (Dup). Pakistan Journal of Science. V. 3. No. 1.
17. KUNO G. et al. 1982. Patología de insectos con énfasis en las enfermedades infecciosas y sus aplicaciones en el control biológico. Universidad del Valle. Cali.
18. MURGIDO C. 1997. Sistema de monitoreo y pronóstico de plagas en cultivos económicos. En: Curso Internacional de Sanidad Vegetal. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. MINAG. Habana, Cuba.
19. PARDO L. 1994. Escarabajos (Coleópteras: *Melolonthidae*) de importancia agrícola en Colombia. En: Memorias XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Medellín, Colombia.
20. POSADA et al. 1976. Lista de insectos dañinos. Boletín Técnico y otras plagas en Colombia. ICA
21. PÉREZ N. 1997. Manejo Agroecológico de plagas. En: Seminario Taller de Agricultura Biológica. Ibagué.
22. RERY L. 1994. Informe anual de labores. Centro de Investigación Nataima. Corpoica. El Espinal.
23. RODRÍGUEZ G. et al. 1991. Ciclo de vida del enrollador del ajonjolí *Antigastra catalaunalis* (Duponchel) Lepidóptera: *Pyralidae*. En: SIATOL, edición No. 7.
24. ROSAS. J. 1994. Hongos entomopatógenos para el control de plagas insectiles. En: Memorias V Curso de Control Biológico OAXACA.
25. SCHOONHOVEN A. et al. 1978. Biología, daño y control del ácaro tropical *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) Acarina: *Tarsonemidae* en frijol. En: Turrialba Vol. 28 Nro. 1. Costa Rica.
26. SINGH, H, et al. 1986. Population dynamics of sesame shoot webber and pop borer, *Antigastra catalaunalis* Dup. Under field conditions. En: Safflower and sesamun No. 2. Universidad Hisar India.
27. URUETA E. 1980. Taxonomía, biología y ecología. En: Seminario ácaros fitófagos SOCOLEN. Buga, mayo.
28. VERGARA R. 1996. Entomología Económica. Talleres prácticos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
29. ZULUAGA, I. 1996. Avances en el control biológico de ácaros. En: Seminario Reconocimiento, hábitos y manejo de ácaros en flores. SOCOLEN. Santafé de Bogotá.

BIBLIOGRAFIA ENFERMEDADES

1. AVILA, J., PINEDA, J. B., AREVALO, O., HERNÁNDEZ, G., BARRIOS, C., Y ACEVEDO T. 1987. Curso Intensivo Sobre Recomendaciones para la Siembra del Cultivo de Ajonjolí. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. FONAIAP. Estación Experimental Portuguesa. Acarigua. Araure. Venezuela. 44 p.
2. BARNETT, H. L. 1962. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Second Edition. Burgess Publish. Co. Minneapolis. USA. 225 p.
3. BELALCÁZAR, S., y BÁRCENAS, V. 1970. Estudio sobre la marchitez del ajonjolí en el departamento del Tolima. Revista ICA. Colombia. 5 (3): 159.
4. BOCKUS, W.W. and SHROYER, J. P. 1998. The impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 36:485-500.
5. DHINGRA, O. D., SINCLAIR, J. B. 1975. Survival of *Macrophomina phaseolina*. Sclerotia in soil: effect of soil moisture, carbon: nitrogen ratios, carbon sour and nitrogen concentrations. Phytopathology 65, 236-40.
6. DIOURTE, M., STARR, J. L., JEGER, M. J., STACK, J. P., y ROSENOW, D. T. 1995. Charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) resistance and the effects of water stress on disease development in sorghum. Plant Pathology. 44, 196-202.
7. EVANS, E. 1973. Enfermedades de las plantas y su control químico. Ed. Labor, S.A. Barcelona. 307 p.
8. FILHO, E. S., y DHINGRA, O. D. 1980. Effect of Herbicides on survival of *Macrophomina phaseolina* in soil. Trans. Br. Mycol. Soc. 74(1) : 61-64.
9. FRANCL, L. J., WYLLIE, T. D., and Rosenbrock, S. M. 1980. Influence of Crop Rotation on Population Density of *Macrophomina phaseolina* in Soil Infested with *Heterodera glycines*. Plant Disease. 72: 760-764.
10. GUZMÁN, F., y LASSO, A. 1981. Incidencia de la marchitez (*Macrophomina phaseoli*) en ajonjolí y sorgo y crecimiento de ellos como función del contenido de humedad del suelo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad del Tolima.
11. KANG. C.W., CHOI. B. H. AND Lee. J. I. 1985. Establishment of integrated control systems using several fungicides for major sesame diseases. pp 38. En: Safflower and Sesame. Vol 1.
12. LEE. J. I., Lee. S. T., CHOI. B. H. and Kang. C.W. 1985. A New High-yielding Sesame Variety "Ansan" Resistant to Diseases. pp 35. En: Safflower and Sesame. Vol 1.
13. LODHA, S., SHARMA, S. K., and AGGARWAL, R. K. 1977. Solarization and natural heating of irrigated soil amended with cruciferous residues for improved control of *Macrophomina phaseolina*. Plant Pathology. 46: 186-190.
14. MAZZANI, B. 1983. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Oleaginosas. Cap. 16. Venezuela. pp 207-214
15. MIHAIL, J. D., and ALCORN, S. M. 1987. *Macrophomina phaseolina*: Spatial patterns in a cultivated soil an sampling strategies. Phytopathology. 77:1126-1131.

16. MUGHOGHO, L. K. and S. PANDE. 1984. Charcoal rot of sorghum. pp 11. *In* Proc. of the Consultative Group Discussion on Research Needs and Strategies for Control of Sorghum Root and Stalk Rot Diseases. Bellagi. Italy. 27 Nov.- 2 Dec. 1983. ICRISAT. Patancheru P. O., A. P. India.
17. NORTON, D.C., FRANK, F.A. 1953. Charcoal rot (caused by *Sclerotium bataticola* Taub.) on guayule in South-West. Texas in 1951 and 1952. *Plant Diseases Reporter*. 37, 41-3.
18. OLAYA, G., and ABAWI, G.S.. 1966. Effect of water potential on mycelial growth and on production and germination of sclerotia of *Macrophomina phaseolina*. *Plant Dis*. 80: 1347-1350.
19. OLAYA, G., ABAWI, G. S., and BARNARD, J. 1966. Influence of Water Potential on Survival of Sclerotia in Soil and on Colonization of Bean Stem Segments by *Macrophomina phaseolina*. *Plant Dis*. 80:1351-1354.
20. OSORIO. J. 1993. Estudios de control de la pudrición carbonosa del sorgo mediante resistencia genética a *M. phaseolina*. Informe Anual de Actividades. Programa Fitopatología ICA. Centro de Investigación Nataima. Espinal . sp.
21. PAPAIVIZAS, G. C. 1976. Effect of volatile inhibitors from natural and amended soils on germination of sclerotia of *Macrophomina phaseolina*. *Can. J. Microbiol*. 22:1034-1039.
22. PINEDA, J.B., y Gonnella, E. R. 1988. Evaluación del control biológico de *Macrophomina phaseolina* en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) *Agronomía Trop*. 38:43-48.
23. RODRÍGUEZ. M. and ZAMBRANO. C. 1985. Studies on relationship between *Macrophomina phaseoli* (Maubl.) Ashby and Sesame (*Sesame indicum* L.) in Venezuela. pp 36. *En: Safflower and Sesame*. Vol1.
24. SMITH, G.S., and CARVIL, O. N. 1977. Field screening of commercial and experimental soybean cultivars for their reaction to *Macrophomina phaseolina*. *Plant Dis*. 81: 363-368.
25. URDANETA, R., y de BAUER. L. I. 1981. Pudrición del cuello y tallo del ajonjolí por *Macrophomina phaseoli* en diferentes regiones de México. *Agrociencia*. No. 43. Chapingo. Mex. pp 71-79.
26. VARÓN de A, F. 1988. Alta incidencia de *Macrophomina phaseolina* en el cultivo del Algodón. *ASCOLFI Informa*. 14 (3): 28.
27. WALKER. J. C. 1965. *Patología Vegetal*. Ediciones Omega. S.A. Barcelona. 818 p.
28. WRATHER, J. A., KENDING, S. R., and TYLER, D. D. 1998. Tillage affects on *Macrophomina phaseolina* population density and soybean yield. *Plant Dis*. 82:247-250.
29. ZENTMYER, G.A., and BALD, J. G. 1977. Management of the Environment. pp: 121-144. *En: Plant Disease and advanced treatise*. Editors: Horsfall, J. G., and Cowling, E.B. vol 1. Academic Press. New York. USA.

BIBLIOGRAFIA MALEZAS

1. CORPOICA, 1999. Informe Final de Actividades. Plan Nacional de Oleaginosas de Ciclo Corto. C. I. Nataima. Regional 6.
2. DE LA CRUZ, U. R. 1997. Control Químico de Malezas en Ajonjolí. Memeografiado. 8 p.
3. Espina, Josefina. 1980. Flora genérica de Colombia. Familia Convolvulaceae. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. P 3.
4. FEDERACION NACIONAL DE ALGODONEROS. 1986. Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia. 3 ed. Bogotá, p 257-264.
5. FOINAIAP, 1987 Curso Intensivo sobre Recomendaciones para la Siembra del Ajonjolí. 25 y 26 de noviembre, Acarigua (Venezuela), 34 p.
6. GÓMEZ, CI. 1976. La batatilla. En : Revista Comalfi. Vol 3. No. 3; p 227-228.
7. HARDCASTLE, W. S. 1978. The influence of temperature and acid scarification duration on *Ipomoea obscura* Hassk, seed germination. In: Weed Research. N. 18, p 89.
8. MATUDA, EIZI, 1963. El género *Ipomoea* en México. Universidad Nacional de México, No. 34 , p 86.
9. MAZZANI, B. 1983. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Oleaginosas en Venezuela.
10. OM PRAKASH et al. 1996. Biological Control of Nutgrass (*Cyperus rotundus*) in Greengram (*Phaseolus radiatus*). Indian Journal of Agricultural Sciences 66 (5): 289 – 292, May.
11. ROJAS, G. M., 1995. Manual de herbicidas y Fitoreguladores. Editorial Limusa. México, 157 p.
12. SÁNCHEZ, G.G. B. MONJE Y R. SIMONDS. 1992. Observación de campo. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA Regional 6.
13. SIMONS, M. R. 1998. Informe anual de investigación. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Corpoica, Regional 6.

leonardo rey bolívar
heber luis vargas bonilla

**SISTEMA DE
PRODUCCION**



SISTEMA DE PRODUCCION

El cultivo del ajonjolí se desarrolla principalmente en sistemas de producción de economía campesina, y la función principal de este componente en los sistemas productivos es la de generar capital en efectivo para la adquisición de bienes que no se producen en los sistemas productivos. El ajonjolí se inserta en la cadena productiva de oleaginosas o aceites no refinados y en el de confitería. Figura 1.

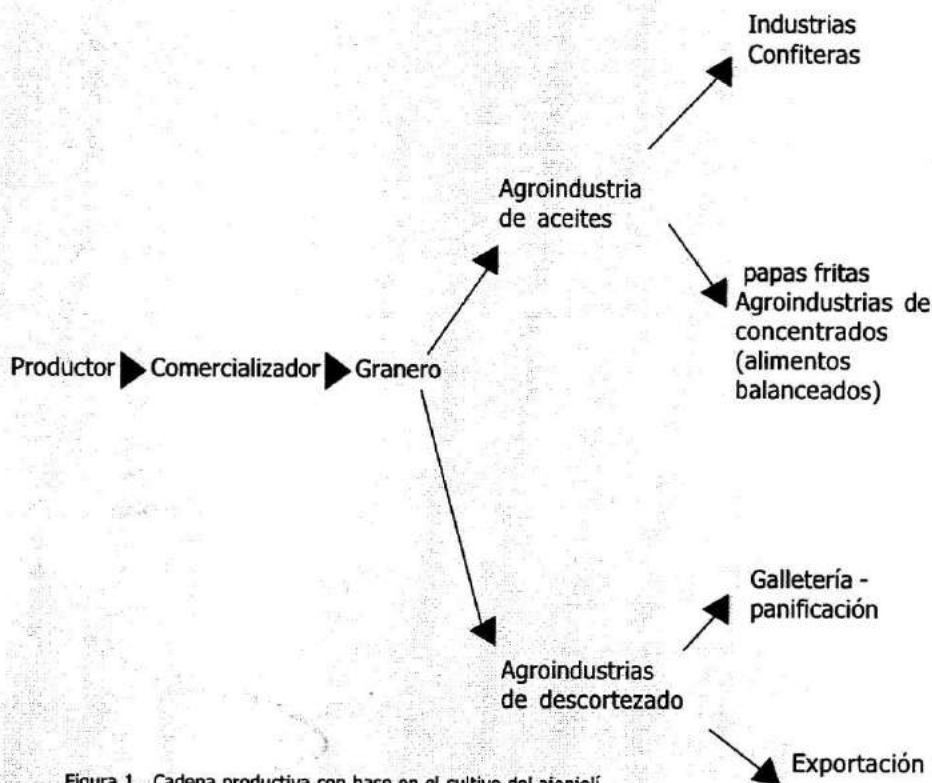


Figura 1. Cadena productiva con base en el cultivo del ajonjolí

Tecnificado

A este tipo de explotación pertenecen aproximadamente el 50% de los agricultores que siembran esta oleaginosa, quienes utilizan el conjunto tecnológico recomendado por CORPOICA - ICA debido a la disponibilidad de maquinaria, implementos, obras de infraestructura para riego y lotes adecuados. Además, por mayor oportunidad a la financiación del cultivo poseen factores tan importantes como la semilla certificada y la asistencia técnica. Bajo el sistema tecnificado se obtienen 800 a 1000 kilogramos de semilla por hectárea. Los principales factores en la reducción de los costos de producción son, la siembra directa, baja cantidad de semilla, no realización de raleos y distanciamientos y disponibilidad de variedades.

Tradicional

A este sistema pertenecen las zonas de minifundio con predominio de predios menores de cinco hectáreas y suelos de baja fertilidad, agrupa el mayor porcentaje de agricultores (95%), quienes utilizan mano de obra familiar y se caracteriza por siembras tardías e implementos inadecuados. Lo anterior sumado a la baja utilización de insumos y asistencia técnica restringida, da como resultado un rendimiento entre de 250 a 400 kilogramos de semilla por hectárea. En algunos predios es frecuente observar como consecuencia de la amplia distancia entre surcos a que siembran el ajonjolí (0,8 a 1,0 metros), un modelo de cultivos intercalados en las calles con especies tales como maíz, frijol caupí y ahuyama que les sirve de fuente de ingreso adicional tanto económico como alimenticio.

REGIONES PRODUCTORAS

De acuerdo a las condiciones de clima y suelo, en el país se pueden diferenciar tres regiones productoras de ajonjolí lo cual hace necesario analizar los factores que pueden afectar la decisión de cultivarlo y la producción en cada zona. Foto 2.

El clima y el suelo ejercen considerables efectos sobre el crecimiento y producción del ajonjolí y aunque todos los efectos agroclimatólogicos están asociados, la temperatura y la precipitación son los factores más importantes.

Región 1

Comprende los departamentos de Atlántico, Cesar, Bolívar, Córdoba, La Guajira y Magdalena, en donde las zonas aptas para el cultivo están enmarcadas en la formación vegetal de bosque seco tropical, presentando alturas de 50 a 500 msnm, temperaturas entre 28 y 30 °C y precipitaciones anuales con variación de 800 a 1.600 mal distribuidos. Esta región se caracteriza por presentar diferencia de una hora luz entre el primero y segundo semestre, determinando este factor la selección de variedades por respuesta al fotoperíodo.

Los suelos son profundos, de textura francoarenosa, con buen contenido de materia orgánica, contenidos de fósforo y potasio de medio a alto, topografía plana con ligeras ondulaciones y presencia de sales que en algunas áreas limitan el desarrollo de la planta de ajonjolí; pesentan drenaje variable.

Región 2

Representada por los departamentos de Tolima, Huila y Suroccidente de Cundinamarca; el área de ajonjolí está ubicada en la formación vegetal de bosque seco tropical entre los 300 y 450 msnm, con temperaturas entre 28 y 30 °C, alta

luminosidad y precipitación anuales de 600 a 1.300 mm, mal distribuídos. Foto 3.

Los suelos se caracterizan por la baja fertilidad, topografía ondulada, textura arenosa, alto contenido de sílice y bajo contenido de materia orgánica; buen drenaje y poco profundos. Estos suelos se compactan superficialmente después de una lluvia. Las variedades de ajonjolí no se desarrollan bien en suelos salinos y salino sódicos.

Región 3

Esta región comprende los Llanos orientales, con los departamentos del Meta, zona del Ariari, Casanare y Arauca en zonas planas no inundables; por la condición lluviosa del primer semestre, la producción del cultivo del ajonjolí se circunscribe al segundo semestre, con fechas de siembra entre el 15 de septiembre y el 15 de octubre. Esta región se erige como una zona potencial para la producción a gran escala del cultivo del ajonjolí; que en las zonas de sabana con contenidos altos de aluminio intercambiable y puede producirse con enclavamientos previos. Una de las ventajas comparativas de esta región es que no cuentan con la presencia de la plaga del ajonjolí denominada enrrollador *Antigastra Catalaunalis* D. que reduce la producción y el ingreso en forma significativa.

TECNICAS DE PRODUCCIÓN

Preparación del suelo

La preparación del suelo tiene por objeto eliminar la vegetación existente y proporcionar un medio adecuado para la germinación de las semillas y establecimiento de las plantas. Además, permite las labores posteriores y hace más efectiva la acción de los herbicidas preemergentes. Se debe evitar la pulverización del suelo porque facilita el arrastre de partículas por el agua y el viento y da lugar a la formación de costras duras superficiales, que dificultan la emergencia de las plántulas. Los suelos más pesados y profundos como los de la región 1 pueden ser arados, rastrillados y pulidos. Los suelos livianos y superficiales como los de la Región 2 deben prepararse solamente con rastrillo liviano, seguido de rastrillo pulidor. Sin embargo en la actualidad los sistemas de labranza mínima y sistemas de siembra directa, son las técnicas más eficientes y conservacionistas que repercuten en la reducción de los costos de producción y en la conservación de los recursos suelos y agua. Foto 4.

Distancia entre surcos

Además de las condiciones de suelo y clima la distancia entre surcos para una variedad de ajonjolí lo determina el porte de la planta, el número de ramas, el ángulo de la rama respecto al tallo, la tolerancia al volcamiento, el tamaño y forma de la hoja y longitud de los pecíolos.

Las variedades de porte alto y con abundantes ramificaciones como lo son Ica Pacandé, Ica Matoso y Sesica M-11 deben sembrarse a espaciamentos entre surcos de 0.60 a 0.70 m. La variedad Ica Ambalá (no ramificada) puede sembrarse a una distancia entre surcos de 0.50 ó 0.60 m Foto 5.

Densidad de población

Las variedades ramificadas y de porte alto, similares a Ica Pacandé e Ica Matoso, producen los mayores rendimientos con poblaciones entre 110 y 130 mil plantas por hectárea. La primera población se obtiene al dejar ocho plantas por metro de surco, en surcos espaciados a 0.70 m. La segunda se presenta cuando se siembra ocho plantas por metro y la distancia entre surcos es de 0.60 m.

Las variedades que no ramifiquen como Ica Ambalá, producen mejor con poblaciones de 200 mil plantas por hectárea en surcos distanciados 0.50 m. dejando 10 plantas por metro lineal de surco. Foto 6.

Cantidad de semilla

La cantidad de semilla que se debe utilizar depende del tamaño del grano y de la población de plantas. En general se requiere de tres a cuatro kilogramos de semilla por hectárea; cuando la sembradora se calibra bien se puede sembrar hasta 2 kg/ha de semilla; no se requiere realizar el distanciamiento y el raleo.

Calidad de semilla

Los agricultores del tipo de explotación tradicional en un 70 a 80% guardan semilla comercial para la siguiente siembra, proceso que no ofrece garantía fitosanitaria porque aumenta la susceptibilidad a marchitez y otras enfermedades; además, la no clasificación permite el aumento de la población de malezas.

Por lo anterior, se recomienda que en ambos tipos de explotación de ajonjolí se utilice semilla certificada de las variedades comerciales, para de esta manera dar protección sanitaria a los campos y seguridad al agricultor.

Profundidad de siembra

Debido al tamaño de semilla pequeña y a la textura del suelo (arenoso) que se utiliza para sembrar ajonjolí, se recomienda una profundidad de siembra entre dos y tres centímetros.

Sembradoras

En el país se carece de sembradoras que permitan buena distribución de semilla en el surco, uniformidad en la profundidad de siembra y distancia entre surcos ajustada a las variedades que se recomienda sembrar. Sin embargo, se utilizan sembradoras diseñadas para otros cultivos, que, con algunos ajustes permiten siembras adecuadas.

La siembra en el sistema tradicional se efectúa con sembradoras de tolvas individuales o con máquina voleadora manual, a la cual además de la semilla se le mezcla aserrín o arena para que no sobrepase los 4 kg de semilla/ha.

En el sistema tecnificado se utiliza la sembradora de una sola tolva con chorros separados 0.15 m., algunos de los cuales se suspenden para sembrar a las distancias deseadas.

Actualmente se tiene disponible en el mercado sembradoras que realizan la siembra en forma directa, es decir, no se requiere preparación previa del suelo, siempre y cuando no este compactado; también puede graduar la cantidad de semilla a sembrar, entre 1 kg/ha y 3.0 kg/ha, para evitar las labores de distanciamiento y raleo. Estas sembradoras son: la SEMEATO, con la cual se utiliza con la tolva de sembrar pastos; también encuentra disponible la sembradora MAX EMERGE, de John Deere, que realiza la siembra directa con precisión, puesto que tiene un mecanismo de vacío para ubicar la semilla a la distancia deseada.

La calibración de estas sembradoras se efectúa mediante el ajuste de piñones laterales, que difieren de diámetro y número de acuerdo con la marca del implemento.

Control de malezas

En ajonjolí las pérdidas causadas por las malezas se deben a la competencia durante los primeros 35 días de desarrollo y a la interferencia en la cosecha. Para evitar estas pérdidas se presentan varias opciones de control de tipo cultural, mecánico y químico, que integradas en forma apropiada, permiten una protección efectiva del cultivo contra las malezas.

Control cultural

El uso de semilla certificada, la preparación del suelo de acuerdo a la población de malezas y la distancia entre surcos que facilite rápido cubrimiento a la variedad, permite el establecimiento de un cultivo vigoroso con mayor capacidad para competir y limitar el crecimiento de las malezas. Estas prácticas asociadas con fertilización oportuna y rotación de cultivos dan un control más efectivo. Así mismo la práctica

de siembra directa acompañada de quemas con herbicidas sistémicos como glifosato va eliminando las malezas a través del tiempo.

Control mecánico

Las cultivadoras son implementos que se utilizan para eliminar mecánicamente las malezas, las que utilizadas en forma apropiada, de acuerdo con la humedad del suelo y la distancia entre surco, son un buen complemento a otros métodos de control. La eliminación manual con azadón aunque costosa, reduce infestaciones de malezas de difícil control por otros métodos.

Control químico

Este control se efectúa con herbicidas y la dosis varía con el tipo de suelo, estado de desarrollo y población de malezas según sea aplicado al suelo o al follaje.

En la tabla 2 se presentan los herbicidas recomendados en ajonjolí, las dosis y épocas de aplicación.

Tabla 2. Productos utilizados en control químico de maleza en ajonjolí.

Producto y época de aplicación	Dosis de producto comercial por ha	Malezas que controla y observaciones
Incorporados al suelo		
Presiembra		
Treflan	3.0 litros	Gramíneas y hoja ancha
<i>Preemergentes</i>		
Lazo 48%	4.0 litros	Gramíneas
Dual 96%	2.0 litros	Gramíneas y algunas hoja ancha
Karmex	0.8 kilogramos	Gramíneas y hoja ancha
<i>Postemergente</i>		
Fusilade	1.5 litros	Gramíneas, incluyendo caminadora

Distanciamiento y raleo

El distanciamiento consiste en dejar grupos de plantas dentro del surco a la distancia que les permite buen desarrollo y el raleo, labor posterior, que permite dejar dos plantas por sitio definitivo.

En tiempo seco se recomienda distanciar a los ocho días de emergencia del cultivo procediendo al raleo ocho días después del distanciamiento.

Si la época es húmeda la recomendación resulta más económica puesto que ambas prácticas se ejecutan a los 15 días de emergido el cultivo. En general para ambas épocas se deben dejar dos plantas por sitio cada 0.25 m.

En los casos en que la siembra se realiza con 2 a 3 kg por hectárea de semilla no es necesario realizar el distanciamiento y el raleo, que implica una reduce los costos de producción

Agua

Aunque en las dos regiones productoras la precipitación es adecuada, la distribución es muy irregular, por lo cual se debe utilizar el riego para suplir las necesidades de agua en períodos importantes de desarrollo del cultivo. Esta mala distribución de lluvia, las evaporaciones elevadas y baja retención de humedad que caracterizan los suelos para ajonjolí, son los factores que asociados producen la máxima pérdida de rendimiento.

A pesar de ser una planta de buen comportamiento bajo condiciones de sequía, para un normal desarrollo y producción de semilla, el ajonjolí requiere 390 a 400 milímetros de agua bien distribuidos. Los requerimientos críticos del cultivo se presentan entre el inicio de floración y llenado de cápsulas.

Para las variedades comerciales esta fase corresponde de los 35 a 65 días de emergido.

Fertilización

Desde el punto de vista de fertilidad, en la Región 1 se considera el nitrógeno como el elemento más limitante en el desarrollo de la mayoría de los cultivos de esa región.

Investigaciones realizadas en esta zona, indican ausencia de respuestas del ajonjolí a las aplicaciones de fósforo y potasio en tanto que al suministrar 50 kg/ha de N se obtuvo un incremento en el rendimiento de 200 kg de semilla por hectárea.

En la región 2 trabajando en suelos de bajo contenido de materia orgánica, se encontró respuesta positiva a la aplicación de 25 kg/ha de N, no se presentaron aumentos en el rendimiento al complementar esta dosis con aplicaciones de fósforo y potasio.

Enrollador
del cogollo
(*Antigastra*
Catalaundis
Ruponchet)

Es el insecto de mayor importancia económica para el ajonjolí en el sur del Cesar (Region 1) y en el departamento del Tolima (Región 2); en la region 3 los Llanos orientales no presenta esta plaga.

La larva ataca las plantas recién emergidas, consumiendo las primeras hojas verdaderas. El mayor daño se presenta cuando la larva de *Antigastra* ataca entre los 15 y 35 días de emergido el cultivo. En esta fase las larvas causan daños en las hojas terminales provocando un enrollamiento del cogollo, el cual impide el crecimiento de las plantas no permitiendo el desarrollo productivo; por esta razón se deben sembrar cultivares ramificados, en surcos donde la plaga es muy agresiva, la variedad ICA Ambalá prácticamente salió del mercado por esta razón.

Zancudo
del ajonjolí
(*Cyrtopeltis tenuis*)

Este chinche es importante porque en estado ninfa o adulto provocan un amarillamiento de las hojas debido a la succión de la savia; además, la inyección de toxinas a la planta en época de floración provoca caída de flores y cápsulas en proceso inicial de desarrollo. Dependiendo de la intensidad del ataque, la planta puede perder una tercera parte de la producción de cápsulas (de arriba hacia abajo).

Cucarrón
de las cápsulas
(*Ciclocephala rufficollis*)

Este cucarrón mide de 10 a 15 milímetros de longitud y 6 a 8 milímetros de ancho y su hábito alimenticio son las cápsulas de ajonjolí. Presenta alas de tonalidad amarillo-brillante y protorax de color rojo.

El daño es causado por los adultos que durante la alimentación perforan las cápsulas, perjudicando la calidad de la semilla y reduciendo el número de cápsulas por planta.

En la tabla 5 se resumen algunos tratamientos comunmente recomendados para el control de estos insectos plagas. Esta recomendación no descarta la utilización de otros productos.

Enfermedades

Uno de los factores que limita en parte los rendimientos de ajonjolí en Colombia son las enfermedades. La mayor o menor severidad en el ataque de una enfermedad está determinada entre otras causas, por la susceptibilidad de la variedad, las condiciones ambientales y la edad de la planta en la época de infección.

Tabla 5. Productos químicos recomendados y dosis de producto comercial sugeridas para el control de insectos plagas en ajonjolí.

Insecto plaga	Insecticidas	Dosis	Aplicación
Trozadores	Cebos tóxicos con base en Dipterex Sp. 80%	20 kg/ha	Al suelo – localizada
Enrollador del cogollo	<i>Bacillus thuringiensis</i>	0.5kg/ha	Aplicar a la planta con suficiente agua
Chupadores (zancudo del ajonjolí)	Azodrin 600	0.2lit/ha	Aplicar a la planta con suficiente agua
Cucarrón de las cápsulas	Sevin 80	2.0 kg/ha	Aplicar a la planta con solución con agua

Marchitez

Es causada por el hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Las semillas contaminadas por esclerocios y los residuos de cosecha son las principales fuentes de inóculo.

Cuando el ajonjolí es atacado en estado de plántula, esta presenta depresiones de color negro con márgenes bien definidos, frecuentemente con anillos concéntricos que pueden rodear completamente el tallo. Arriba de la lesión la plántula es amarilla y muere.

En plantas desarrolladas, la enfermedad progresa más lentamente y aparece a partir de floración causando pudrición del cuello de la raíz, (Figura 12). Las plantas se tornan cloróticas y se defolian tempranamente presentándose 15 días después de la aparición de los síntomas secamiento parcial o total, dependiendo del ataque.

Esta enfermedad es favorecida particularmente por altas temperaturas y períodos prolongados de sequía.

Control: Uso de semilla libre de esclerocios, siembra de variedades tolerantes (ICA Pacandé, ICA Ambalá, Sesica M-11 e ICA Matoso); rotación de cultivos y eliminación de residuos de cosecha.

Damping off

Esta enfermedad causada por los hongos *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Fusarium* o *Phytophthora*, ocasiona la muerte de plantas jóvenes.

El control se realiza sembrando variedades resistentes y tratando semilla con fungicidas.

Manchas foliares

Las causadas por el hongo *Cercospora sesami* (Zimm) se ubican en las hojas bajas y son manchas redondeadas y de aspecto seco, en tanto que las producidas por la bacteria *Pseudomonas* son manchas húmedas e irregulares.

Estas manchas no causan daños económicos por lo cual no se consideran de importancia.

Las variedades sembradas en Colombia, son susceptibles. El ataque es tardío y no afecta en forma apreciable los rendimientos.

Cosecha

Es de las labores del cultivo más importante, pues por la característica de apertura de cápsulas al madurar y caída de semilla, se debe realizar a tiempo. En ambas regiones de Colombia los agricultores utilizan la cosecha manual.

Cosecha manual*Corte*

Se realiza cuando las hojas, tallos y frutos de la planta de ajonjolí presentan coloración verde amarillento. En la variedad Sesica M-11 ocurre a los 85 días en tanto que en las demás variedades de los 95 a 100 días. Las plantas son cortadas a unos 25 centímetros por encima de la superficie del suelo y colocadas en hileras. Las líneas promisorias L-198, L4, L3 y L 9 son precoces y al igual que la variedad Sesica SM 11 el corte puede realizarse entre los 80 y 85 días. Foto 7.

Engavillada

Después de 12 horas de sol, se procede a elaborar las gavillas, burros, urones o polleros. Cada urón está constituido de 50 a 80 plantas que se acomodan para formar un cono, el cual deberá amarrarse para protegerlo de los vientos fuertes. Foto 8.

Las variedades no ramificadas soportan de 70 a 80 plantas por urón.

Sacudida

Transcurridos diez a quince días de la engavillada y debido a que coincide con una época de intenso verano, las plantas, pero en especial las cápsulas, están secas y completamente abiertas. Para iniciar la sacudida, se coloca como objeto receptor una lona de tela gruesa o de polipropileno y se procede a invertir el urón golpeándolo posteriormente con la mano o un palo en las partes laterales. La limpieza del producto se ejecuta mediante zarandas, las cuales eliminan el tamo o basura proveniente de las hojas y tallos de las plantas. Seguidamente se empaca y está listo para la venta comercial.

Cosecha mecánica o directa

En Colombia no se realiza la cosecha mecánica del ajonjolí; sin embargo se han realizado algunas experiencias en el C.I. Nataima. En Venezuela sí es una práctica la cosecha mecanizada del ajonjolí, con la utilización del cabezal; requiere el uso de productos desecantes a fin de uniformizar el secado de las plantas, lo cual se logra aplicando Reglone o Gramoxone en dosis de 2 ó 3 litros por hectárea, dependiendo del porte de la plantación en el momento de madurez fisiológica del cultivo. La duración del secamiento es de aproximadamente 7 a 10 días después de aplicado el producto.

El proceso consiste en el corte directo del cultivo y su inmediato trillado con la misma máquina, la cual debe estar provista de un tanque para almacenar a granel la semilla y permitir un trabajo continuo.

Para cosechar ajonjolí en forma directa o en pie, está diseñado un cabezal, el cual originalmente fue concebido para trabajar a una distancia entre surcos de 0.53 m, pero con algunas modificaciones puede cosechar siembras distanciadas a 0.60 m ó 0.70 m.

El tipo de sistema de corte consiste en un conjunto de cuchillas colocadas a todo lo largo de una barra de movimiento horizontal (tipo guadañadora), semejante a los sistemas que se utilizan en arroz y sorgo.

La diferencia del equipo lo constituye el hecho de que una vez que las cuchillas van cortando las plantas desecadas, éstas son empujadas hacia el mecanismo de entrada de la combinada, por medio de corrientes de aire que actúan en sentido contrario al desplazamiento de la máquina cosechadora; estas corrientes de aire son producidas por una turbina que va en la parte posterior del cabezal y es conducida hacia la parte anterior del mismo a través de ductos situados a los lados de los sitios de entrada de los hilos; de allí que la recolección de semilla sea de casi un 100%.

En el Centro de Investigación Nataima, se probaron segadoras amarradoras mecánicas de acción manual, que cortan hasta 3 surcos distanciados a 50 cm y amarra grupos de 50 plantas la eficiencia de esta segadora-amarradora es de 2.5 ha por día, empleando al operador y dos jornales en la labor de forma de urones hasta con seis atados de plantas. Fotos 9, 10 y 11.

También se evaluó una segadora lateral, acoplada al tractor que realiza bien el corte, y permite cortar hasta 8 hectáreas por día, utilizando 40 jornales para las ocho hectáreas, en la labor de recoger y formar el uron; esta actividad se dificulta debido a que no amarra y hay que ordenar las plantas individuales en atados para formar el urón o gavilla. Fotos 12 y 13.

Los dos sistemas son relativamente eficientes, el primero para pequeños productores y el segundo para extensiones mayores de 5.0 hectáreas.

En Venezuela tienen tres sistemas de cosecha del ajonjolí, la cosecha tradicional, la cosecha con cabezal modificado y la cosecha directa (2).

Beneficio y almacenamiento

Una vez realizada la separación de la semilla las plantas secas (sacudidas) se procede a la limpieza de material comercial por medio de zarandas manuales en caso de cosecha manual, o de cribas mecánicas en el método directo. La anterior labor permite eliminar terrones, hojas secas y cápsulas.

El secamiento natural a que se exponen las plantas de ajonjolí después del corte o del secamiento artificial provocado por desecantes, permiten al agricultor un buen almacenamiento de grano, debido a que la semilla al recolectarla posee menos del 10% de humedad.

El grano comercial se empaca en bolsas de polipropileno y al almacenarse por bastante tiempo, se debe revisar periódicamente para detectar alguna presencia de pegador de la semilla, *Ephestia kuehniella*.

Sistema tradicional

El corte lo realiza una segadora-atadora, la cual corta de 3 a 4 surcos o hileras de plantas separadas a 0.6 m y las deposita en una banda transportadora, haciéndola pasar a través de un mecanismo atador, el cual amarra varias plantas por hilera y las deja caer al suelo, para formar manualmente los urones. Foto 14.

Los urones una vez secos, se trillan mediante una combinada de tipo ensacadora, a la cual se le ha modificado el tren recolector, mediante la colocación de una plataforma, donde van dos operarios, quienes se encargan de introducir los urones en la combinada para ser trillados. Foto 15.

Adicionalmente se requiere un operario en la parte superior de la combinada para atar los surcos.

Sistema Colaone

Al igual que en el sistema tradicional ocurre en la operación de recolección y trilla, ya que esta va a ser efectuada por una cosechadora combinada equipada con un dispositivo frontal que reemplaza los operadores que introducían los urones a la combinada. Foto 16.

El dispositivo o aditamento consta de una estructura en forma de caja con el lado superior abierto y en uno de los lados laterales accionado por una palanca manipulada por un operador quien provoca el movimiento al colocarse al lado del urón, el cual es golpeado por la tapa lateral del dispositivo, e introducirlo a una banda transportadora con cadenas, la cual lleva el uron a la trilla. La cosechadora puede ser de tipo ensacador o a granel. (2).

Sistema Schultze

Este sistema es totalmente mecanizado, reduciendo varios pasos en la cosecha del ajonjolí.

Se realiza el corte directo y trilla en forma inmediata con la misma máquina, el cual puede ser a granel o en sacos, este sistema requiere ciertas condiciones:

- Hay que provocar el secado de las plantas para la cosecha, de tal forma que facilite el corte y la trilla.
- Los materiales de ajonjolí deben tener baja dehiscencia de la cápsula, no ramificado o poco ramificado y las cápsulas deben estar agrupadas en los dos tercios superiores (inicio de cargo alto 30 – 40 cm) y poca flexibilidad en el tallo.

El secado del ajonjolí se puede efectuar con reglone el cual actúa como desecante, o el gramoxone (Paraquat) en dosis de 2.0 a 3.0 l/ha, una o dos semanas después de la madurez fisiológica (hojas y cápsulas bajas amarillándose), debe coordinarse muy bien el secado con la disponibilidad de la combinada para evitar la exposición prolongada de la planta con el desecante y así evitar la apertura de las cápsulas.

Para efectuar el corte directo se utiliza un dispositivo que se coloca en la parte delantera de la cosechadora. Este consta de una serie de mecanismos de corte (uno para cada hilera) del tipo giratorio, los cuales cortan la planta y la depositan sobre una plataforma en donde es conducida por una banda

transportadora hacia el sistema de alimentación de la máquina para ser trillada posteriormente. Fotos 17 y 18.

Los tres sistemas se ilustran en la Figura 2.

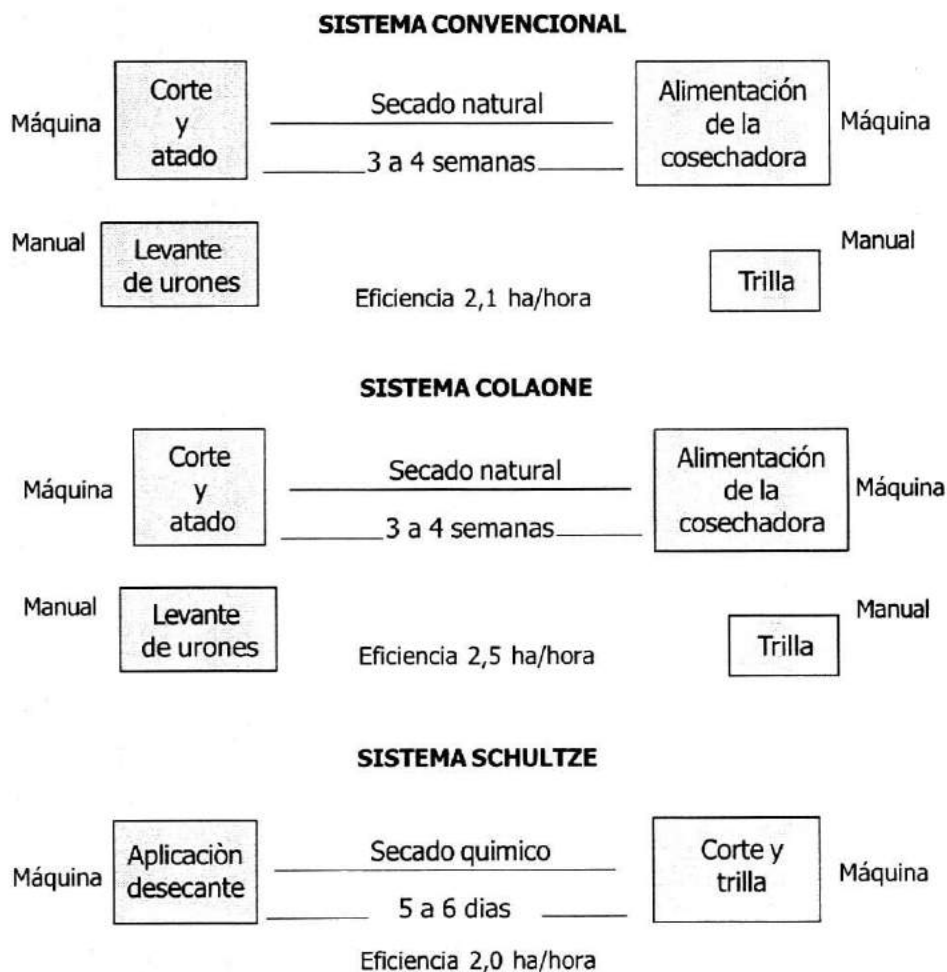


Figura 2. Sistemas de cosecha mecánica del ajonjolí en Venezuela



Foto 6. Densidades de población de plantas de ajonjolí.



Foto 7. Edad de corte del cultivo del ajonjolí.



Foto 8. Urones de ajonjolí.



Foto 9. Segadora amarradora en ajonjolí.



Foto 10. Secadora amarradora en ajonjolí.



Foto 11. Secadora amarradora en ajonjolí.



Foto 12. Segadora lateral acoplada al tractor.



Foto 13. Segadora lateral acoplada al tractor.



Foto 14. Segadora atadora de ajonjolí.

Foto 15. Trilla de urones de ajonjolí con combinada.



Foto 16. Trilladora de ajonjolí con alimentación de los urones en forma mecánica (pescozón)



Fotos 17 y 18. Combinada con cabezal para trilla directa de ajonjolí.

BIBLIOGRAFIA

1. CRUZ, R. de la. 1984. Control químico de malezas en ajonjolí. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Palmira. 8 p. (Mimeografiado).
2. DAVILA, C. R. 1979. Análisis de sistemas mecanizados de la cosecha en el cultivo del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) Revista Fac. Agronomía. X (1-4): 291 - 347.
3. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1985. Sección Leguminosas de grano y oleaginosas anuales. Palmira (Colombia). Informe anual de labores 1981 - 1984. Palmira. 89 p. (Mecanografiado).
4. PARRA, P.; RICO, A. 1980. Determinación de la época de distanciamiento y raleo en una variedad ramificada de ajonjolí, *Sesamum indicum* L. Ibagué, Universidad del Tolima, Facultad de Agronomía. 76 p. (Tesis Ingeniero Agrónomo).
5. VARELA, R. 1981. Producción de ajonjolí. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. 48 p. (Boletín Técnico No. 79).
6. VARON, C.A.; MUÑOZ D. 1981. ICA Ambalá nueva variedad de ajonjolí. Ibagué, Instituto Colombiano Agropecuario. 3 p. (Plegable de divulgación No. 175).
7. VARON, C.A. 1980. Evaluación de distancias y densidades de siembra en variedad ramificada y líneas no ramificadas de ajonjolí, (*Sesamum indicum* L.) Ibagué, Universidad del Tolima, Facultad de Agronomía. 90 p. (Tesis Ingeniero Agrónomo).

BIBLIOTECA

nora sánchez santana
**MANEJO DE
POSCOSECHA**

6

MANEJO POSTCOSECHA EN LA FINCA

El ajonjolí es una oleaginosa cultivada por los pequeños agricultores del departamento del Tolima (municipios de Natagaima, Ortega, Coyaima y Guamo) y de la Costa Atlántica departamento del Magdalena, Bolívar (municipio Pivijai y Carmen de Bolívar). Su siembra está relegada a las zonas marginadas de estos departamentos donde no hay muchas alternativas de producción. En el departamento del Tolima, se desarrollan dos cosechas al año, mientras que en la Costa Atlántica se lleva a cabo una sola cosecha iniciando las siembras actualmente entre los meses de junio, julio para la obtención de mayores producciones (500 kg/ha), en las variedades regionales de color oscuro.

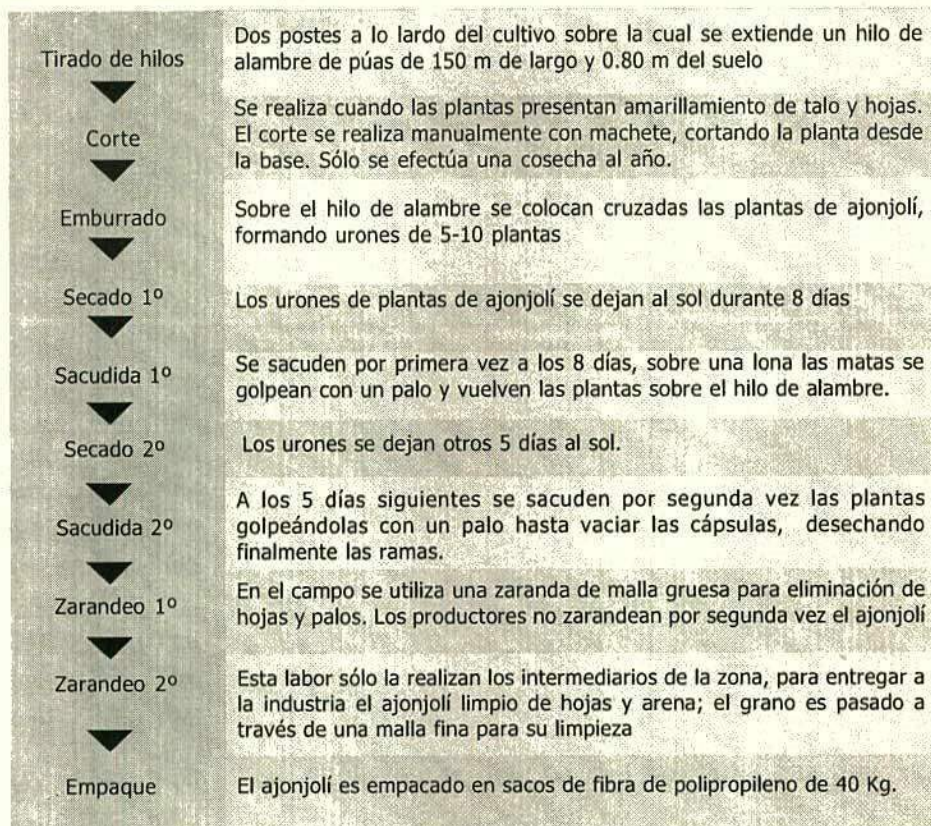
La cosecha del ajonjolí es totalmente manual en el país, con una alta participación de la familia en la producción del cultivo, ya que los sistemas de producción son de economía campesina.

DIAGRAMA DE FLUJO MANEJO DE POSTCOSECHA DEL AJONJOLI A NIVEL DE FINCA TOLIMA

Sistema tradicional

Cosecha	La cosecha del ajonjolí se inicia cuando las plantas se tornan amarillas, las hojas se caen solas y las cápsulas más viejas o basales se vuelven completamente amarillas hasta iniciar la apertura de la cápsula.
▼	
Corte	Operación manual realizada con machete cortando las plantas a unos 0.3 m de la base y dejándolas en el piso hasta terminar el lote.
▼	
Emburrado	Tomando las plantas por la parte posterior, se amontonan formando urones, (un cono), hasta juntar alrededor de 150 plantas; participan una o dos personas; al final el urón se amarra en la parte posterior.
▼	
Secado	Por lapso de 15 a 20 días los urones de ajonjolí se dejan al sol hasta que las cápsulas empiezan a abrir.
▼	
Sacudida	Una vez secas las plantas y entre abiertas las vainas, se toman unas 10 plantas por la parte posterior y se golpean con un palo, sobre una lona de 4 - 5 metros de ancho y largo, hasta vaciar las vainas, se desechan las ramas a medida que se sacude.
▼	
Limpia No. 1	Una vez sacudidas todas las plantas del urón, se procede a retirar las hojas y palos secos del grano de ajonjolí.
▼	
Zarandeo	Se pasa el ajonjolí a través de una malla gruesa para separar el grano de las impurezas.
▼	
Espolvoreado	Se utiliza una zaranda de malla fina, para eliminar la arena que cae de las plantas en la sacudida.
▼	
Empaque	Se efectúa el empaque de grano del ajonjolí en fibras de polipropileno de 40 Kg.
▼	
Transporte	Se realiza en camiones de la vereda a la cabecera municipal.

DIAGRAMA DE FLUJO MANEJO DE POSTCOSECHA DEL AJONJOLI COSTA NORTE DEPARTAMENTO DE MAGDALENA



Almacenamiento y conservación semilla de ajonjolí

Las semillas de ajonjolí son muy sensibles, a la humedad que ellas mismas contienen como a la temperatura de almacenamiento, (4). Deben por eso ser almacenadas permanentemente a temperaturas de 1°C o inferior, la semilla de ajonjolí puede ser secada hasta un contenido de humedad no superior a un 4%. Los datos experimentales han confirmado que la semilla experimental no se conserva bien en ninguna atmósfera si su contenido de humedad es de 7% o más y la temperatura de almacenamiento está por encima de 1 °C afectando por consiguiente su germinabilidad (1).

Parámetros de calidad semilla fresca de ajonjolí

La semilla de ajonjolí presenta la siguiente composición centesimal aproximada.

Análisis proximal

Semilla de Ajonjolí	Porcentaje
Aceite	43 – 55
Proteínas	18 – 22
Carbohidratos	10 – 12
Fibra	4 – 5
Ceniza	4 – 5
Humedad	4 - 7

Fuente: Coopaltol (1)

Además de los componentes mayores, la semilla de ajonjolí contiene en sus cenizas:

Calcio (CaO)	3,35
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,30
Hierro (F ₂ O ₃)	—
Potasio (K ₂ O)	—
Sodio (Na ₂ O)	0,02
Magnesio (MgO)	0,009
Azufre (SO ₃)	0,009
Silicio (SiO ₂)	0,03
Cloro (Cl)	0,02

Fuente: Mazzani (4)

Utilización de la semilla fresca de ajonjolí

La semilla fresca de ajonjolí es utilizada para la obtención de aceite crudo, generándose la torta como subproducto; es sometida también al proceso de descortezado para producir semilla descortezada y semilla descortezada tostada.

Las comunidades productoras de ajonjolí desconocen su utilización en alimentación humana.

PROCESAMIENTO DE LA SEMILLA

Producción de semilla de ajonjolí descortezado y semilla de ajonjolí descortezada y tostada

Se entiende como semilla de ajonjolí descortezada la semilla pura, a la cual se ha retirado la corteza por inmersión en solución caliente de soda y centrifugación para una mayor separación de la corteza.

La semilla descortezada es la tratada a temperaturas y tiempo controlados, para disminución de la humedad de la semilla, volviéndola crocante al paladar.

Descripción técnica del proceso de descortezado de ajonjolí.

Recepción de la materia prima



Almacenamiento



Limpieza



Clasificación



Remojo



Descortezado



Centrifugación



Secado



Enfriamiento



Reclasificación



Empaque

La semilla proveniente del campo se somete a valoración de calidad por parámetros físicos y químicos, lo cual suministra elementos de juicio para su adquisición.

La materia prima de ajonjolí es sometida a un almacenamiento en arrumes de sacos, sobre estibas de madera en bodega, para su posterior procesamiento.

Esta operación deja completamente libre de tierra y demás impurezas el grano de ajonjolí que son eliminadas por gravimetría.

El ajonjolí es sometido a una clasificación por tamaño según especificaciones granulométricas, donde a su vez se eliminan arena y basura.

En el tanque de remojo se van adicionando baches en kilos de ajonjolí para ser sumergidos en una solución de hidróxido de sodio, con temperatura de 80° centígrados por 20 minutos, con agitación.

La semilla es enviada a la máquina descortezadora que separa la cáscara de la semilla. Esta operación se realiza por vía húmeda con ayuda de procesos mecánicos, manejo de temperatura, tiempo y velocidad de agitación.

Esta operación tiene como finalidad retirar los últimos fragmentos de corteza y dejar la semilla libre de impurezas.

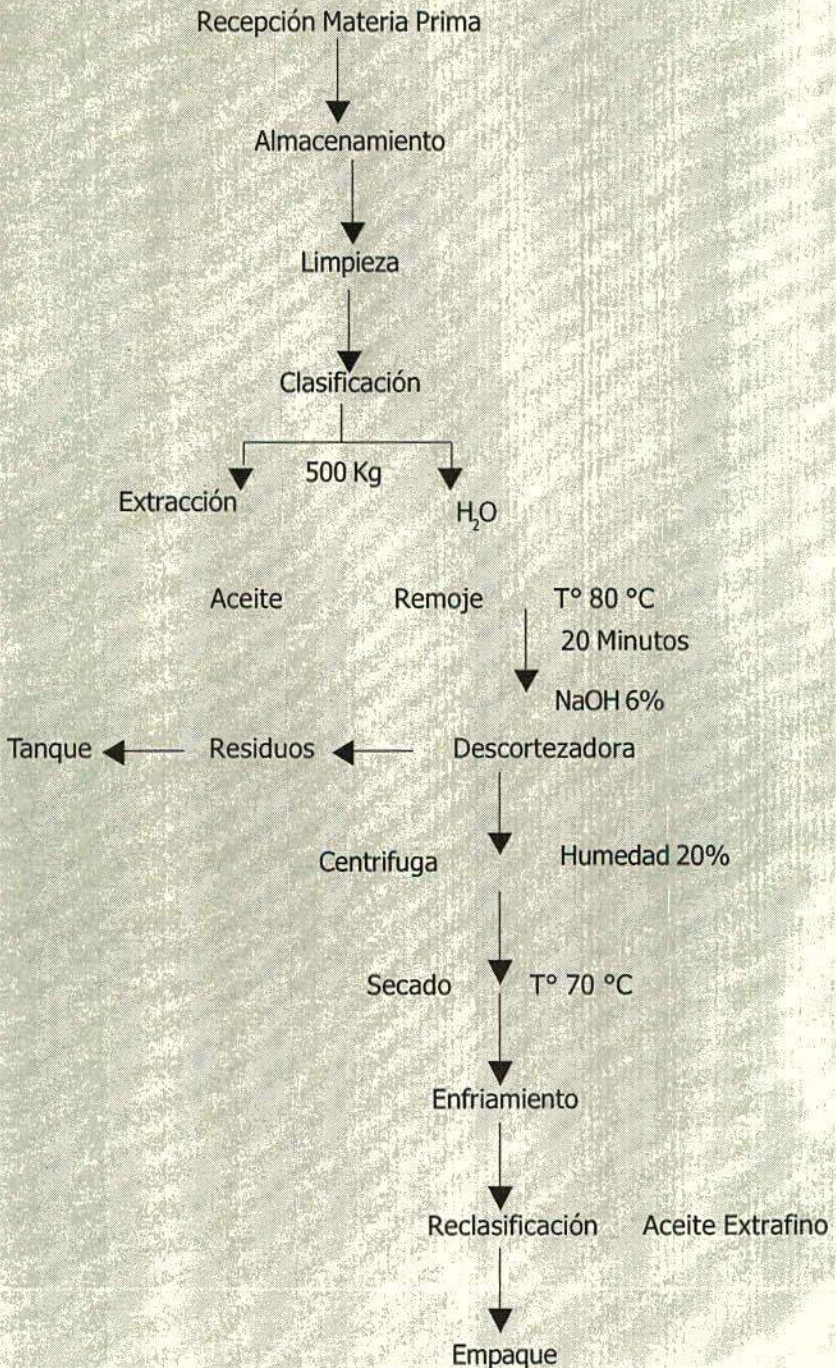
Una vez depositada la semilla en una tolva de espera para el secado y reunida la cantidad necesaria (500 Kg), entra al horno a una temperatura de 70° C por una hora hasta una humedad del 4% máximo, para estabilidad física y química del producto final.

La semilla de ajonjolí seca se deja enfriar por 5 minutos.

Proceso mecánico basado en la separación granulométrica, por medio de zarandas con movimiento vibratorio, constituida por mallas de perforaciones de diferente diámetro, para la separación por tamaño de la semilla de ajonjolí descortezada.

El ajonjolí descortezado es empacado en bolsas de polipropileno plastificadas de 40 Kg.

DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DESCORTEZADO DE SEMILLA AJONJOLI



PARAMETROS DE CALIDAD

Parámetros de calidad de la semilla descortezada de ajonjolí; exigencia adicional y de exportación.

Análisis físico químico	Requisitos
Humedad	4 % max
Impurezas	0.5 % max
Acidez	1 % max
Organolépticas	color blanco aroma característico.

Análisis Microbiológico	Requisitos
M.O aerobios mesofilos	200.000 /g max
Coliformes totales	150 / g max
Coliformes fecales	3 / g max
Hongos y levaduras	5000 / g max

Fuente: Coopaltol

Análisis proximal semilla descortezada de ajonjolí

Característica	Especificación
Humedad	3% máximo
Grasa	47%
Pureza	99% mínimo
Proteínas	39%
Acidez	0.60
Cenizas	3.0%
Color	Perla
Fibra	7.0%

La harina de ajonjolí utilizada en la alimentación de aves contiene aminoácidos esenciales: (5) presentándose variaciones grandes en estos componentes de acuerdo al origen de la harina.

Metionina	1,48
Cistina	0,60
Lisina	1,37
Treomina	1,71

Parámetros de calidad semilla descortezada y tostada de ajonjolí (2).

Análisis proximal de la semilla descortezada tostada de ajonjolí

Característica	Especificación
Humedad	3% máximo
Grasa	47%
Pureza	99% mínimo
Proteínas	39%
Acidez	0.60
Cenizas	3.0%
Color	Oro
Fibra	7.0%

Fuente: Comercializadora Caribbean Sesame S.A.

UTILIZACION Y SEMILLA DE AJONJOLI DESCORTEZADA Y TOSTADA.

La semilla entera de ajonjolí descortezada es utilizada en Colombia por la industria panadera y muy poco en la preparación de platos altamente apetitosos y nutritivos

La semilla entera de ajonjolí descortezado y tostado es utilizada por la industria de galletas para la producción de galleta integral; también es utilizado por la pequeña industria en la elaboración de dulces y confites, como aderezo final de comida vegetarianas.

PRODUCCION DEL ACEITE DE AJONJOLI

Aceite de ajonjolí

Aceite vegetal, puro, virgen, muy fino, extraído de semilla de ajonjolí mediante un proceso de extracción en frío o caliente, no requiere refinación para su consumo. El subproducto del proceso es la torta.

Torta de ajonjolí

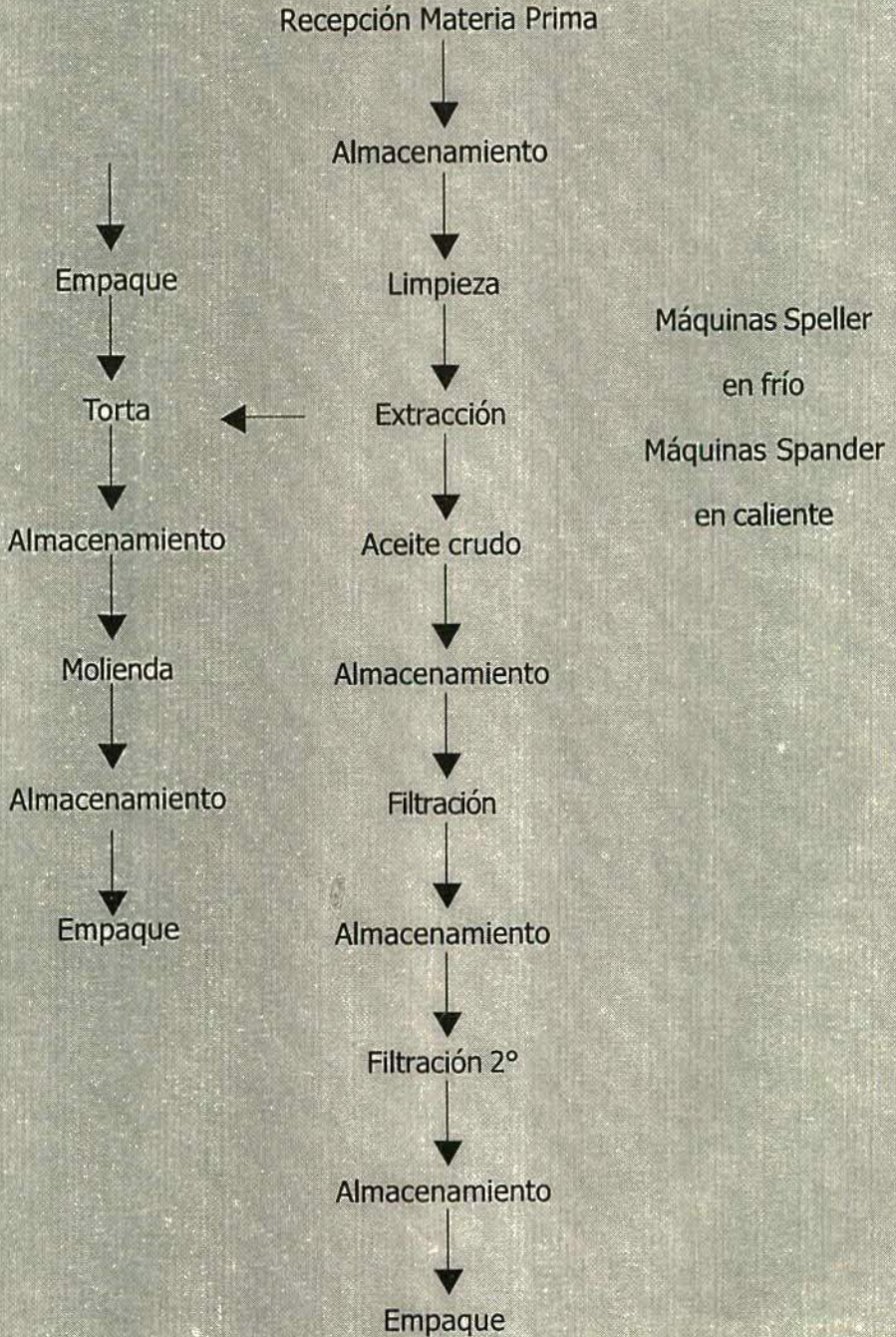
Masa residual que queda del proceso de extracción de aceite a partir de semilla entera.

La torta se usa en Colombia como alimento rico en proteínas por la industria de concentrado en la preparación de alimento para animales.

**DESCRIPCION
TECNICA DE LA
PRODUCCION DE
ACEITE DE AJONJOLI**

- Recepción** El camión transportador es pesado con la materia prima y los sacos de ajonjolí, se sondean para tomar una muestra y analizarla en el laboratorio: % impurezas, % de grasa, índice de peróxidos, % de humedad, y peso semilla.
- Almacenamiento** La carga es almacenada en bodega hasta procesamiento.
- Limpieza** En esta operación, el grano de ajonjolí es sometido a una zaranda de doble fin para retirar impurezas como hojas y material grueso, arena y demás impurezas de menor tamaño.
- Extracción** Operación mecánica en frío que se lleva a cabo mediante compresión de la semilla contra las paredes del speller realizadas por un tornillo sin fin. Existen además las máquinas Spander que hacen la operación de extracción en caliente con temperatura de 120 °C.
- Almacenamiento** El aceite cuando es almacenado en piscina para la decantación de sólidos suspendidos en el mismo.
- Filtros prensa** Una moto bomba lleva el aceite a presión a un filtro modular múltiple consistente en una serie de bloques de hierro fundido, con filtros de lienzos de algodón entre bloque y bloque para ser filtrado.
- Almacenamiento** El aceite filtrado es almacenado en tanques para su empaque y distribución.
- Empaque** El aceite crudo es empacado de acuerdo a las solicitudes de compra sea en canecas de 55 galones, tanques de 7300 litros y para venta comercial envases plásticos de 500 cc, 1000 cc, 3000 cc esta venta en envase comercial tan solo lo efectúa una empresa en el país, Coopaltol (Espinal).

DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DE AJONJOLÍ



PARAMETROS GENERALES DE CALIDAD DE ACEITE DE AJONJOLI

Características organolépticas

1. Color :Amarillo traslúcido
2. Olor y sabor: Agradable y suave, característico a aceite de ajonjolí libre de sabor residual amargo y tostado o herbales.
3. Apariencia a temperatura ambiente: Límpido a 20°C.
4. No presenta sustancias destinadas a dar aroma o modificar sus características químicas.

Carácterísticas físicoquímicas

1. Densidad 20/20°C	0.923 – 0.926
2. Índice de yodo	104 – 120
3. Índice de saponificación	187 - 195
4. Reacción de Kreiss	Negativa
5. Identificación de aceite mineral	Negativa
6. Materia insaponificable	1.5 % máximo
7. Reacción de villavechia	Positiva
8. Acidez (%ácido oleico)	0.7 máximo
9. Color del lovibond (25.4 nm)	Amarillo 30, rojo 2.5
10. Índice de refracción a 20 °C	1.473 – 1.476
11. Índice de peróxidos (meq O/Kg)	0.5 máximo
12. Humedad y Materia Volátil	0.1 % Máximo
13. Contaminantes	No detectables.

Características microbiológicas (3)

No hay una norma que especifique valores máximos permisibles, pero las renuentes deben estar en:

Aerobio mesófilos	< 10 C.E.
Hongos	< 10 C.E.
Levaduras	< 10 C.E.
Bacterias Lipolíticas	< 10 C.E.
E. Coli	Negativo
Perfil de ácidos grasos (3)	

Características generales

- Se recomienda para el consumo humano por su alto contenido de ácidos grasos no saturados: Oleico y Linoleico.
- Altos rendimientos de cocina, convirtiéndolo en el aceite para su utilización por las fábricas de fritos, papas, arepas, patacones.
- En buenas condiciones de almacenamiento se mantiene constante físicoquímicamente durante tres meses mínimo,

Acido Palmítico	7.0 – 12.0 %
Acido Esteárico	3.5 – 6.0 %
Acido Oleico	35 – 50 %
Acido Linoleico	35 – 50 %
Acido Linoleico	0.3 – 1.0 %

con algunas variaciones de poca significancia en parámetros de acidez y peróxidos. Aceite Angelita Ltda.

Ventajas del aceite de ajonjolí

1. Alto contenido de ácidos grasos no saturados (86%), especialmente oleico y Linoleico que reducen el nivel de colesterol LDL e IDL (regular y malo) en la sangre; es fuente de energía y aporta vitaminas liposolubles como la A, D, E y K.
2. Contiene metionina que mejora el funcionamiento del sistema nervioso, hígado y estómago.
3. Alto valor nutricional por su contenido en fósforo, hierro, magnesio y cobre.
4. Resistente a la rancidez por su contenido de sesamolina (la cual produce por hidrólisis el sesamol, agente antioxidante natural).
5. Transfiere al producto frito un sabor agradable, mejorando y diferenciando el bouquet en snacks. Aceite Angelita Ltda.

PARAMETROS DE CALIDAD DE LA TORTA DE AJONJOLI

Análisis proximal torta residual de ajonjolí (4)

Humedad	6,21 %
Grasa	4,42 %
Nitrógeno	750 %
Proteínas (Nx6,25)	46,80%

**UTILIZACION
DEL ACEITE
DE AJONJOLI**

El aceite de ajonjolí, en el país es utilizado totalmente por la industria de papas fritas, pataconas fritas, arepas fritas, y yuca frita. El uso casero como aceite de cocina o para ensaladas es un nicho potencial de posicionamiento en los mercados de los aceites. Dadas las características de calidad, en cuanto a los antioxidantes, y se le puede comparar en calidad al aceite de oliva.

**ANALISIS
DE DATOS
COMPOSICION
DE ACIDOS
GRASOS
REPORTADOS POR
EL LABORATORIO
AP6. VARIEDADES
DE AJONJOLI**

En el análisis de los datos de composición de ácidos grasos reportados por el laboratorio AP6, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre las 10 muestras. Por otra parte comparados con datos históricos de análisis de un procesador nacional, las variedades se encuentran dentro de los datos mínimos y máximos para los ácidos grasos mayoritarios (Palmítico, Estearico, Oleico y Linoleico). Del análisis de la relación polisaturadas (Oleico, Linoleico) y saturado (Palmítico, Estearico) solamente las muestras 6,7 exhiben una relación superior, siendo en estos términos oxidativamente más estables, cosa que sólo podría validarse por pruebas de uso o por determinación de antioxidantes naturales (sesamolina, otocoferoles en cada variedad)

Cabe resaltar que la resolución del cromatograma no es muy fija la cual debe ser corrida nuevamente por el laboratorio para evitar una superposición de datos entre sí.

MANEJO DE POSTCOSECHA



Corte manual



Emburrado



Urones



Sacudida