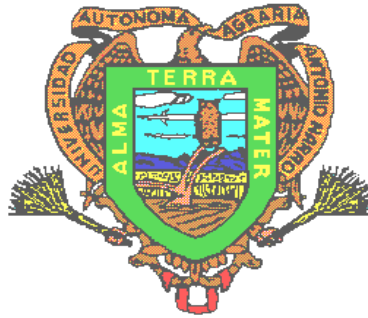


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

**División de Ciencias Socioeconómicas
Departamento de Administración Agropecuaria**



**Biofertilización Aplicada al Cultivo de Canola (*Brassica napus L.*)
Bajo el Régimen de Temporal en el Municipio de Nahuatzen,
Michoacán.**

Por:

ÁNGEL SAGAÓN MONTIEL

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Administrador

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2008.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**División de Ciencias Socioeconómicas
Departamento de Administración Agropecuaria**

**Biofertilización Aplicada al Cultivo de Canola (*Brassica napus L.*) Bajo el
Régimen de Temporal en el Municipio de Nahuatzen, Michoacán.**

Por:

ÁNGEL SAGAÓN MONTIEL

TESIS

Que somete a consideración de H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo Administrador

Aprobado por:

M.A.E Carlos Ábrego Aguilera (presidente del jurado)

M.C. Mario A. Cepeda Villegas (sinodal)

M.A.E. Carlos A. Livas Hernández (Sinodal)

M.A.E. Tomás E. Alvarado Martínez
Coordinador de la División de Ciencias Socioeconómicas

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2008.

Índice de contenido.

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN GENERAL.....	IV
Capítulo I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.3 Justificación.....	7
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
1.5 Hipótesis.....	9
Capítulo II. IMPORTANCIA DE LA CANOLA.....	10
2.1 Usos y características de la canola.....	12
2.2 Importancia económica.....	15
2.3 Rentabilidad del cultivo de canola.....	16
Capítulo III. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CANOLA.....	19
3.1 Origen y distribución.....	19
3.2 Clasificación taxonómica.....	20
3.3 Descripción botánica.....	21
3.4 Fases de desarrollo de la planta.....	22
3.5 Aspectos agronómicos del cultivo de canola.....	23
3.5.1 Condiciones climatológicas.....	23
3.5.2 Condiciones edáficas.....	24
3.5.3 Labores culturales.....	24
3.5.4 Selección del terreno.....	24
3.5.5 Preparación del terreno.....	25
3.5.6 Variedades.....	26

3.5.7	Época de siembra.....	27
3.5.8	Método de siembra.....	27
3.5.9	Densidad de siembra.....	28
3.5.10	Profundidad de siembra.....	29
3.5.11	Fertilización química.....	30
3.5.12	Plagas, enfermedades.....	32
3.5.12.1	Plagas.....	32
3.5.12.2	Enfermedades.....	33
3.5.13	Cosecha.....	34
Capítulo IV. BIOFERTILIZACIÓN.....		36
4.1	Importancia de los Biofertilizantes.....	36
4.2	Que son los biofertilizantes.....	37
4.2.1	Azospirillum.....	38
4.2.2	Micorrizas.....	40
Capítulo V. MATERIALES Y MÉTODOS.....		43
5.1	Área de estudio.....	43
5.1.1	Localidad y sus características.....	43
5.1.2	Manejo agronómico.....	43
5.1.3	Establecimiento del experimento.....	45
5.1.3.1	Preparación del terreno.....	45
5.1.3.2	Fecha y método de siembra.....	46
5.1.3.3	Variedad sembrada.....	46
5.1.3.4	Fertilización.....	47
5.1.3.5	Deshierbes.....	47
5.1.3.6	Cosecha.....	47
5.1.4	Rendimientos obtenidos.....	48
5.1.5	Diseño experimental.....	48
5.1.6	Método de análisis.....	49
5.1.7	Variables analizadas.....	49

5.1.8	Análisis de resultados.....	50
5.1.9	CONCLUSIONES.....	59
5.1.10	RECOMENDACIONES.....	61
	BIBLIOGRAFIA.....	62
	APÉNDICE.....	66

Índice de cuadros y gráficos.

Cuadros.

Cuadro 1. Volumen y costo de las importaciones de productos oleicos efectuados para la industria aceitera en México en el periodo 2000-2006.....	15
Cuadro 2. Demanda en porciento de tipos de semillas y frutos oleaginosos en México, 2006.....	16
Cuadro 3. Comparación de rentabilidad de la canola con los cultivos de Maíz, Trigo, Cebada y Avena en el Estado de México en el ciclo P.V. 2005.....	17
Cuadro 4. Análisis comparativo de la canola con otras opciones de cultivo en la Meseta Purhépecha P.V. 2006.....	18
Cuadro 5. Descripción de las etapas de desarrollo del cultivo de canola...	22
Cuadro 6. Plantas de canola emergidas de semillas sembradas a diferentes profundidades.....	29
Cuadro 7. Plagas de canola e insecticidas y dosis recomendadas para su control.....	33
Cuadro 8. Ventajas de utilizar Biofertilizantes vs. la fertilización química...	37
Cuadro 9. Lista de tratamientos evaluados en canola de temporal en Sevina, Michoacán ciclo P.V. 2007.....	45
Cuadro 10. Rendimientos de grano de canola en kg, obtenidos en cada uno de los tratamientos con biofertilizantes en el ciclo P-V 2007. Sevina, Michoacán.....	48
Cuadro 11. Estado de resultados del cultivo de canola bajo condiciones de temporal, en ciclo P-V07 en Sevina, Nahuatzen, Michoacán.....	58

Gráficos.

Gráfico 1.- Porcentaje del contenido de ácidos grasos en cada uno de los distintos productos de extracción de aceites.....	11
Gráfico 2.- Comportamiento de la variable rendimiento de grano en los distintos tratamientos.....	51
Gráfico 3.- Comportamiento de la variable de número de días hasta el inicio de la floración en los distintos tratamientos.....	52
Gráfico 4.- Comportamiento de la variable de número de días hasta la madurez fisiológica con la aplicación de los diferentes tratamientos.....	53
Gráfico 5.- Comportamiento de la variable de longitud de raíz en los diferentes tratamientos.....	54
Gráfico 6.- Comportamiento de la variable de altura de plantas en cada uno de los distintos tratamientos.....	55
Gráfico 7.- Comportamiento de la variable de número de silicuas en los diferentes tratamientos.....	56
Gráfico 8.- Comportamiento de la variable de número de granos por silicua en cada tratamientos.....	57

Índice de figuras.

Figura 1. Bacteria del género <i>Azospirillum</i> y de la especie <i>brasilense</i>	40
Figura 2. Hongo micorrízico del género <i>Glomus intraradices</i>	42
Figura 3. Semilla de canola tratada con los biofertilizantes aplicados antes de la siembra.....	44
Figura 4. Semilla de canola tratada con la aplicación de los biofertilizantes y la dosis de furadan 300 TS.....	44
Figura 5. Presentación comercial de la semilla certificada de canola, híbrido HYOLA 401.....	46

Índice del apéndice.

Apéndice 1. Análisis de varianza en rendimientos de grano.....	66
Apéndice 2. Análisis de varianza del número de días al inicio de la floración.....	66
Apéndice 3. Análisis de varianza de días hasta la madurez fisiológica....	66
Apéndice 4. Análisis de varianza de longitud de raíz.....	67
Apéndice 5. Análisis de varianza de la variable altura de plantas.....	67
Apéndice 6. Análisis de varianza del número de silicuas.....	67
Apéndice 7. Análisis de varianza del número de granos por silicua.....	68
Apéndice 8. Costo de producción en canola en el Municipio de Nahuatzen, Michoacán actualizado a Mayo de 2007 por 30% incremento del fertilizante químico.....	68
Apéndice 9. Costos durante el periodo del cultivo de canola con el uso de los biofertilizantes, Sevina, Michoacán. P.V. 2007.....	69
Apéndice 10. Resumen de datos para la formulación del Estado de Resultados con el precio de garantía del cultivo de canola. Sevina, Michoacán. P.V. 2007.....	71
Apéndice 11. Resumen de datos para la formulación del Estado de Resultados con el precio pagado al productor en enero de 2008.....	71
Apéndice 12. La precipitación media anual es de 1080 mm, pero en el 2007, la precipitación fue de 924 mm en el ciclo de la canola.....	72

DEDICATORIAS

Especialmente a las personas más importantes en mi vida y que me dieron el regalo tan hermoso de existir, este trabajo es dedicado para ustedes.

Para mis padres, con todo el amor del mundo a:

Edilberto Sagaón Martínez y Hermenegilda Montiel Mendoza

Por el amor y apoyo incondicional que durante toda mi vida me han brindado, por que con esos ánimos y sabios consejos de cada día, me alentaban para salir adelante y lograr satisfactoriamente cada una de mis metas, hoy puedo decirle que esa confianza y sacrificio no ha sido en vano. Siempre daré gracias a dios por los padres que me dio son mi orgullo y mi fuerza para seguir adelante.

Que dios los bendiga por siempre.

A mis queridos hermanos:

Wulfrano, María, Lucia y Mario

Por que su apoyo que de una u otra forma me brindaron, pero sobre todo por la confianza y respeto con el que siempre no hemos tratado. Gracias por todo.

A mis sobrinas.

María Fernanda y Monserrath. Por alegrar mi vida con su presencia.

A mis abuelos:

**Regino Montiel, Baudelia Mendoza, y Casimiro Sagaón (+),
Emelia Martínez (+),** por su apoyo y por haberme dado a los padres de los
que hoy vivo orgulloso.

A mis padrinos:

Refugio y Julia, por el apoyo, cariño y respeto que siempre me han
dado, a mí y a toda mi familia, por ser como mis segundos padres estando
presentes en las buenas y en las malas, siempre los llevo en mi mente y
corazón.

A mis compañeros y amigos:

**Primo Agustín, Fredy, Emmanuel, Rosalba, María del Carmen,
Neftalí, Araceli, Adriana, Beatriz, Andrés, Raymundo, Germán, Anita,
Nina, Gustavo, David, Irene, Maricela, Rosina, Esperanza, Abel, etc.**
Por todos los bellos momentos que pasamos juntos y por el apoyo moral que
siempre nos hemos brindado.

A Laura Muñoz de la Fuente:

Por su cariño y respeto que me ha brindado, pero sobre todo por su
amor y los ánimos que día con día recibí para lograr este importante logro en
mi vida, la titulación. Gracias

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida que me dio y la fuerza suficiente para lograr cada una de mis metas satisfactoriamente, no permitiendo doblegarme ante las adversidades de la vida.

A mi Alma Terra Mater por darme la oportunidad de formarme como profesionista, siempre te estaré agradecido con todo el corazón a ti, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, mil gracias.

Al Dr. Ignacio Vidales Fernández, por darme la confianza y oportunidad de realizar mi trabajo de tesis en el campo experimental a su cargo (INIFAP, C.E. Uruapan).

Al M.C. Mario Alberto Cepeda Villegas, por su valioso apoyo en el logro de este objetivo, mediante sus sabios consejos y por brindarme las facilidades en el trabajo de campo e información, por esa confianza, gracias.

Al C.P. Carlos Abrego aguilera, por su tiempo y empeño en la revisión de este trabajo, pero sobre todo por su apoyo incondicional en el asesoramiento y presentación de mi tesis profesional, gracias.

Al M.A.E. Carlos A. Livas Hernández, por las facilidades que me ha brindado, por su apoyo y comprensión en la revisión de este trabajo, por los consejos brindados y la confianza que en mi depositó. Gracias.

A todos y cada uno de los maestros de la universidad que mediante sus clases y consejos contribuyeron a mi formación profesional.

RESUMEN

La introducción del cultivo de canola en la Meseta Purhépecha de Michoacán por investigadores del INIFAP fue en el 2004, debido a sus requerimientos de clima y suelo lo establecieron bajo condiciones de temporal alcanzando rendimientos de hasta 2.5 ton/ha.

Con el fin de evaluar la influencia de la rizobacteria *Azospirillum* brasilense (AZO) y el hongo micorrízico del género *Glomus intraradices* (MICO) aliados a una formula 60-60-00 NPK de fertilizante químico, comparado con la fertilización química que se practica de manera convencional de 90-60-00 NPK (Testigo), en el rendimiento de canola (*Brassica napus L.*), bajo condiciones de humedad residual, se realizó el presente experimento en la comunidad de Sevina del Municipio de Nahuatzen, Michoacán en el ciclo P.V. 2007.

De acuerdo a los datos obtenidos, se observó que el tratamiento con el que mayor rendimiento se obtuvo fue el numero 3 (A-M) que fue la asociación de ambos biofertilizantes, mostrando un aumento en el rendimiento del 5.9%, siendo el único en superar al testigo. El tratamiento que en menos días llegó a su madurez fisiológica fue el numero 1 (AZO) con 155 días, y el que más numero de días presento fue el tratamiento 2 (MICO) con 158 días. El tratamiento que mayor número de silicuas presento fue el número 4 (A-M-F), que fue la asociación de ambos biofertilizantes y tratamiento a la semilla con Furadan 300 TS antes de la siembra. En la longitud de raíz, altura de plantas y número de granos por silicua, no mostraron influencia estos microorganismos.

En el análisis de rentabilidad se muestra un incremento en la utilidad con el tratamiento 3 (A-M), que fue el que mejor rendimiento mostro en el experimento, aumentando el margen de utilidad de un 27% con fertilización química (testigo) a un 37% con el uso de biofertilizantes (A-M), tomando como base el precio de garantía, y de 49% a 56% en base al precio pagado al productor en enero de 2008. El costo de fertilización con el uso de bioestimulantes disminuyó un 17% con respecto al costo de aplicación de fertilización química.

I. INTRODUCCIÓN

La Meseta Purhépecha se encuentra ubicada en el eje volcánico transversal en el estado de Michoacán de Ocampo, y esta dentro de las cuencas hidrológicas Lerma-Chapala, Pátzcuaro, Zirahuen y Tepalcatepec – Infiernillo, en la que se encuentran en forma total los municipios Cheran, Charapa, Nahuatzen, Paracho, Tingambato y Chilchota en tanto en forma parcial están los municipios de Pátzcuaro, Erongarícuaro, Uruapan, Zacapu, Tangancicuaro, Los Reyes y Tangamandapio, abarcando una superficie de 500 mil ha, donde una de sus principales características son sus suelos de origen volcánico, con pH ácido < 6.0 , con fijación de fósforo y donde, el cultivo principal es el maíz que se siembra bajo el régimen de humedad residual, cuyo establecimiento se realiza entre los meses de marzo y abril para cosecharse en el mes de enero, con una ocupación del terreno de diez meses y los rendimientos medios son de 1.8 ton/ha, lo cual aunado a los altos costos de producción y al problema de comercialización del grano provocan que los productores se dediquen en gran medida a la explotación del bosque, desforestando grandes superficies que se ven seriamente afectadas por la erosión debido a que el terreno permanece descubierto durante gran tiempo en el periodo de lluvias que fluctúan entre los 1000 a 1600 mm dependiendo de la localidad. Asimismo, otra práctica agrícola que se realiza en la región son las siembras de año y vez que consiste en sembrar un año el cultivo de maíz bajo el régimen de humedad residual y al siguiente se deja el terreno en descanso, el cual la mayoría de las veces se utiliza para el pastoreo del ganado. En los últimos años se ha venido implementando como cultivo alternativo en la Meseta Purhépecha la avena forrajera, sin embargo no ha sido un cultivo muy atractivo para los productores. En localizadas comunidades, productores de otras regiones han rentado terrenos para el establecimiento en áreas pequeñas la siembra del cultivo de papa, el cual más que beneficiar a los productores de la región ha venido a degradarle sus suelos al realizar la siembra en sentido de la pendiente, además del

uso indiscriminado de pesticidas para el control de organismos dañinos lo que ha provocado contaminación de los suelos y cuerpos de agua.

La incorporación de nuevas especies a los sistemas de producción, además de enriquecer los agro-ecosistemas regionales, proporciona beneficios al productor y a la sociedad en general. El cultivo de canola, dada sus características de rusticidad, es una alternativa viable para los productores, partiendo de que su ciclo vegetativo es mucho más corto que el del maíz que tradicionalmente siembran, lo que permite que puedan realizar sus siembras de maíz, además este cultivo se maneja bajo el sistema de agricultura bajo contrato, aunado a esto el Gobierno del Estado de Michoacán a través de su dirección de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) el 18 de mayo de 2003, anuncio un apoyo extra a varios cultivos entre los cuales se mencionó a la canola, garantizando un ingreso de \$ 3,500.00 por tonelada (Nota periodística La Voz de Michoacán 2005). Sin embargo es necesario el disminuir los costos de producción y menor uso de insumos contaminantes del ambiente.

1.1 Antecedentes

El uso tradicional de fertilizantes químicos, trae consecuencias directas en la contaminación del suelo, subsuelo, agua y atmósfera (Peña y Grageda, 1997). La fertilización biológica o «biofertilización» constituye una alternativa viable (Alarcón y Ferrera, 2000) que puede complementar o sustituir la fertilización química.

El nitrógeno es uno de los principales nutrimentos que necesitan los cultivos y es el que más deficiente se encuentra en el centro este de la Provincia de Santa Fe. La siembra de gramíneas en rotaciones agrícolas incluye el uso de fertilizante nitrogenado a efecto de lograr buenos rendimientos. En estas rotaciones el único aporte que se produce además del agregado por el fertilizante, es el que suministra la soja a través de la simbiosis con *Rhizobium*. Existen otros organismos fijadores de nitrógeno

atmosférico que pueden aportar una parte de este elemento a los cultivos de gramíneas y que permiten aumentar al mismo tiempo la eficiencia de absorción de los fertilizantes. Estos microorganismos del género *Azospirillum sp.*, entre otros, en asociaciones con los vegetales producen sustancias hormonales que estimulan el desarrollo radical, resultando en una mayor absorción de agua y nutrientes, y promoviendo en consecuencia el crecimiento vegetal y rendimiento de los cultivos.

En los procesos de la producción agrícola sostenible se ha dado especial interés al uso de microorganismos benéficos del suelo, que mediante la actividad simbiótica inducen a mejorar la nutrición de las plantas, coadyuvan a tolerar condiciones adversas de producción y consecuentemente promueven el crecimiento y la producción de los cultivos. Por estas razones dichos microorganismos benéficos han sido considerados como agentes de fertilización biológica o biofertilizantes. (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

Una alternativa para evitar el uso excesivo de fertilizantes químicos es la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento denominados también como “rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal”, “bioestimulantes”, “biofertilizantes” o “inoculantes” (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000; Holguín *et al.*, 2003); los más utilizados como bioestimulantes son las bacterias de los géneros *Rhizobium* y *Azospirillum*, así como hongos micorrízicos del género *Glomus* (Bashan, 1998; Holguín *et al.*, 2003; Irizar *et al.*, 2003), que pueden complementar o sustituir la fertilización química. Dentro de este concepto, las micorrizas vesículo-arbusculares son hongos que han tenido un impacto como biofertilizantes en la agricultura (Sylvia, 1999)

Al evaluar la inoculación de la rizobacteria *Azospirillum brasilense* y el hongo micorrízico arbuscular (HMA) *Glomus intraradices* así como de la fertilización química (FQ) (100 kg ha⁻¹ de N y 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅) en cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) cvs. ‘Tantoan 91’ y ‘Guayalejo’, bajo el

régimen de humedad residual y riego restringido en Tamaulipas. En humedad no se detectó efecto de los simbiontes ni la fertilización química sobre las variables altura de planta, número de capullos, peso de grano por planta, rendimiento de grano (kg/ha-1) y colonización micorrízica, en tanto en riego restringido, la inoculación con *G. intraradices* y la fertilización química incrementaron significativamente y de forma similar, las variables estudiadas, excepto la colonización micorrízica.

Los resultados del análisis conjunto de las dos localidades, indicaron que solamente existió respuesta del cártamo a la condición de humedad; no se observaron diferencias significativas entre HMA y la FQ, ni entre las variedades de cártamo. La colonización micorrízica fluctuó entre 8.7 y 14.4 % y no se correlacionó con el rendimiento o sus componentes. Los resultados demostraron que la FQ y la inoculación de los simbiontes no influyeron en la productividad del cártamo en condiciones restringidas de humedad. (Díaz y Ortegón 2006.)

La producción de auxinas *in vitro* se evaluó en tres cepas de la rizobacteria promotora del crecimiento vegetal *Azospirillum brasilense* nativas del norte de Tamaulipas, México y su efecto en la producción de biomasa, grano y forraje de maíz (*Zea mays* L.). La cepa CBG-497 (de la localidad Río Bravo) produjo mayor cantidad de auxinas *in vitro* que las cepas CBG-180 y CBG-181 (ambas de la localidad Díaz Ordaz). En invernadero, la cepa CBG-497 incrementó significativamente la producción de biomasa (20 a 90 %) en tres híbridos de maíz ('Garst-8222', 'Dekalb-2003', 'Asgrow-Tigre') en comparación con el testigo no inoculado.

En campo, el rendimiento de grano y de forraje del maíz no mostraron diferencia significativa entre la aplicación de biofertilizantes asados en cepas nativas de *A. brasilense* y la fertilización química, pero la aplicación de biofertilizantes incrementó la rentabilidad del maíz (36 % en promedio) al reducir los costos de fertilización (García Olivares 2007).

En la región central de Nuevo León, al evaluar el efecto de la aplicación de biofertilizantes *Azospirillum brasilense* y Micorriza (*Glomus intraradices*) sobre el rendimiento de trigo, por efecto de los biofertilizantes solo se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) en altura de planta donde las mayores valores fueron con *Azospirillum* seguido por la micorriza con 66.1 y 65.2 cm, respectivamente y cuando se utilizaron los dos microorganismos el desarrollo fue menor con 64.5 cm en tanto con el testigo se obtuvo la menor altura con un 7.5 % menos; las diferencias en las otras variables fueron debidas al efecto de las variedades de trigo. Aún y la ausencia de efectos estadísticos en el rendimiento de grano, es pertinente señalar la tendencia a incrementarlo cuando se aplicó el biofertilizante: 2,507, 2,606, 2,672, 2,710 y 2,830 kg ha con el testigo, 60-0-0, M+A, Micorriza y *Azospirillum*, respectivamente, lo cual representó un diferencial de 12% en el rendimiento de grano; este resultado es similar a lo obtenido por Aguirre (2004), con los mismos tratamientos de biofertilizante y con mayor dosis de fertilizante químico.

Con la inoculación de la rizobacteria *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Dobereiner, una de las más estudiadas, se han reportado incrementos significativos de rendimiento en plantas de importancia agrícola (Bashan *et al.*, 1996; Dobbelaere *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2002); en canola no existen precedentes. Mendoza *et al.* (2004) seleccionaron la cepa nativa CBG-497 de *A. brasilense*, la cual incrementó el rendimiento de grano de sorgo entre 5 % y 23 %, en parcelas establecidas en la zona norte de Tamaulipas.

El efecto benéfico de *A. brasilense* en las plantas se atribuye a su capacidad de fijar N_2 , producir fitohormonas y siderófos, solubilización del P_2O_5 , y promover la síntesis de enzimas que modifican los niveles de fitohormonas (Loredo *et al.*, 2004).

En estudios de campo con canola durante tres años (2001-2003), en el norte de Tamaulipas, México, dos en condiciones de temporal y uno con riego restringido (1 riego). Se evaluó el efecto de la inoculación por

Azospirillum brasilense (Ab) y la fertilización química (100 y 60 kg/ha-1 de N y P, respectivamente) (Fq), sobre el crecimiento y rendimiento de grano (Hyola 401). En el temporal de 2002 se adicionó el tratamiento Ab + 50 % de Fq, y en riego restringido de 2003 se evaluaron hasta tres aspersiones de fertilizante foliar (Grofol®, 2 L ha-1) (Ff), en los cultivares IMC-104 y Hyola 401. Ab y Fq no tuvieron influencia en la biomasa aérea seca ni en el rendimiento de grano de Hyola 401, en las dos condiciones de humedad.

En el 2003 con riego restringido, los tratamientos Ab, Fq y tres aspersiones de Ff solamente incrementaron ($P \leq 0.05$) la biomasa aérea seca en un 30% con respecto al testigo. Los resultados demostraron que Ab, Fq y Ff, no influyeron en la productividad de canola cultivada en condiciones limitadas de humedad en el suelo.

1.2 Planteamiento del problema

Los suelos andosoles del Municipio de Nahuatzen ubicados dentro de la región de la Meseta Purhépecha del estado de Michoacán son cultivados generalmente bajo condiciones de temporal que por lo regular es muy bueno en esta área. Muchos productores de la región se han visto obligados a abandonar sus tierras y emigrar a las ciudades y al extranjero en busca de una mejor vida, ya que los cultivos de la región no proporcionan un ingreso eficiente.

El principal cultivo de la región es el maíz, pero este es sembrado bajo el régimen de humedad residual en el sistema “año y vez” por lo tanto las tierras quedan en descanso un año y son desaprovechadas durante ese periodo.

El uso tradicional de fertilizantes químicos es un insumo que eleva los costos de producción y esto se ve reflejado en la baja rentabilidad en los

cultivos convencionales que se practican en la región (maíz, trigo y cebada) y la canola no es la excepción, además de traer consecuencias directas en la contaminación del suelo, subsuelo, agua y atmósfera (Peña y Grageda, 1997).

1.3 Justificación

El cultivo de canola es una alternativa para lograr el mejor aprovechamiento de estas tierras durante el periodo que se encuentran en descanso y destinarlas a obtener un mayor beneficio de las mismas, así también como una fuente de empleo para los agricultores de esta área. Según estudios realizados por personal de INIFAP en esta región, se pueden obtener rendimientos en canola de hasta a 2.5 toneladas por hectárea bajo condiciones de temporal y siguiendo las especificaciones técnicas.

La comercialización del grano de canola se realiza en la industria Aceitera Tron Hermanos S. A. de C. V. ubicada en Morelia, Michoacán la cual esta dispuesta a comprar toda la producción.

La fertilización biológica o «biofertilización» constituye una alternativa viable (Alarcón y Ferrera, 2000) que puede complementar o sustituir la fertilización química y hacer más rentable el cultivo.

El presente trabajo se realizó con el fin de evaluar el efecto de los biofertilizantes *Azospirillum brasilense* y la Micorriza *Glomus intraradices* en la Meseta Purhépecha buscando mejorar los rendimientos y la rentabilidad del cultivo de canola y este beneficio se vea reflejado en el ingreso de los productores involucrados. Así también buscando mejorar la condición de los suelos en donde por varios años se han aplicado productos químicos.

1.4Objetivos

1.4.1 Objetivo general

El propósito del presente trabajo de investigación es la evaluación de los biofertilizantes Azospirillum y Micorriza, comparándolos con la fertilización tradicional en el cultivo de canola, buscando la obtención de mejores rendimientos de grano bajo el régimen de temporal, en los suelos andosoles del municipio de Nahuatzen, ubicado en la región de la Meseta Purhépecha del Estado de Michoacán.

1.4.2 Objetivos específicos

Medir la eficiencia de la bacteria Azospirillum y el hongo Micorriza (biofertilizantes) en los rendimientos del cultivo de canola.

Comparar la fertilización química y los biofertilizantes para identificar su eficacia en el cultivo de la canola.

Contribuir a la rotación de cultivos en esta región, y aprovechar los suelos cultivados bajo el sistema “Año y vez”.

Buscar una mejora a las condiciones de los suelos de la región mediante el uso de biofertilizantes, reduciendo la acumulación de químicos proporcionados por fertilizantes de origen inorgánico (sintéticos).

Estimar el porcentaje de utilidad sobre ventas del cultivo de canola mediante uso de biofertilizantes, comparado con el uso de fertilizantes convencionales (químicos).

1.5 Hipótesis

De acuerdo a las variables analizadas en el presente trabajo de investigación, con el fin de presentar de manera tentativa el resultado de la comparación, se plantean las siguientes hipótesis:

H₁: La aplicación de los Biofertilizantes Azospirillum y Micorrizas al cultivo de canola, comparados con la fertilización química en los suelos del municipio de Nahuatzen que se encuentran ubicados en la Meseta Purhépecha del estado de Michoacán, dan como resultado un aumento en los rendimientos del grano y mejora la rentabilidad del cultivo.

H₀: No existe diferencia entre los tratamientos de biofertilización mediante Azospirillum y Micorrizas aplicados al cultivo de canola, en los suelos del municipio de Nahuatzen, Michoacán.

II. IMPORTANCIA DE LA CANOLA

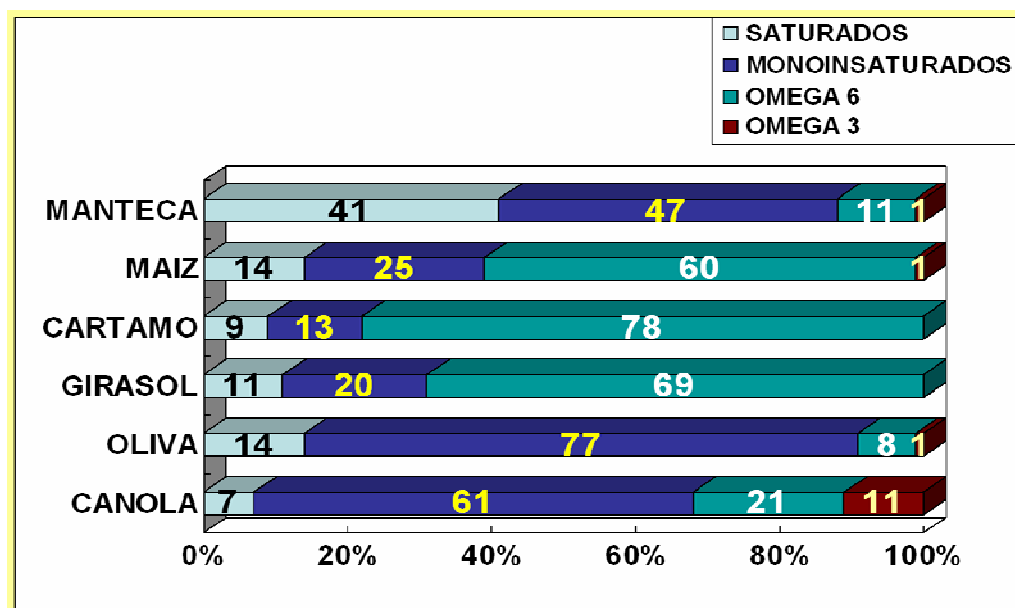
Originalmente era una planta de uso exclusivamente forrajero, en los años 50 en China la colza forrajera fue transformada en colza oleaginosa, y a partir de los años 70 y 80 con los cambios en sus características tecnológicas logradas en Canadá, se le dio el nombre de Canola (Canadian Oil Low Acid), por lo que en poco tiempo se ubicó en el segundo lugar como planta oleaginosa cultivada en el mundo (Canola Council, 2003)

En México el uso de esta planta o de su antecesor el nabo silvestre, ha sido como hortaliza, de la cual se consumen las ramas tiernas como inflorescencia “corazones”, y como “vaina” para alimento de los pájaros.

Rincón (1980), menciona que la canola en mayor cantidad se emplea para la extracción de aceite de uso industrial o comestible; y una mínima parte, para la alimentación de pájaros. Hasta hace poco tiempo en México uno de los ancestros de la canola se encontraba como mala hierva en otros cultivos; actualmente se explota como cultivo solo, y en asociación con cereales de grano pequeño, tales como cebada, trigo y avena.

Growbacher (1992), menciona que la canola produce un aceite que tiene el mas bajo contenido de grasas saturadas que cualquier otro aceite vegetal. (Grafico 1) Hoy en día, hay un incremento en la demanda de este aceite por parte de los consumidores que son conscientes de su dieta y su salud.

Gráfico 1.- Porcentaje del contenido de ácidos grasos en cada uno de los distintos productos de extracción de aceites.



En la actualidad la canola, es la oleaginosa que más se utiliza en el mundo en la industria Aceitera. De acuerdo con George Hill, especialista en oleaginosas del Departamento de Agricultura (USDA) de los Estados Unidos de América, calcula que el 90% de la producción mundial de esta semilla es destinada a usos industriales para la elaboración de aceite comestibles (Ortega y Ochoa, 2003).

En la producción mundial de semillas oleaginosas la canola juega un papel preponderante. Tomando como referencia a las siete principales semillas oleaginosas que se cultivan en el mundo como son: soya, girasol, cártamo, algodón, ajonjolí, olivo, cacahuete, palma africana y linaza.

La canola durante el periodo 1988/99-2000/03, se ubico en el segundo lugar con cerca del 12% del total mundial, solo detrás de la semilla de soya.

En el caso de los derivados, el aceite de la canola es también de suma importancia en el mercado mundial. Se estima que este aceite ocupa el tercer lugar en la producción mundial de aceite con 13.8% del total, solo

detrás del aceite de soya y de la palma africana que en conjunto aportan cerca del 58% (Ortega y Ochoa, 2003).

2.1 Usos y características la canola

En la alimentación humana.

Canola oleaginosa. Por su alto contenido de aceite en el grano (40-44%), la canola se usa principalmente como oleaginosa para la obtención de aceite comestible mediante un proceso de trituración y posteriormente de extracción con un solvente. Como oleaginosa la canola produce uno de los mejores aceites vegetales en términos de calidad para la nutrición y la salud humana, tal calidad está determinada por un equilibrio ideal de sus componentes: contiene casi el 50% de ácidos grasos saturados que el aceite de oliva, girasol y maíz; con 59% de ácidos grasos monoinsaturados y cerca de 30% de ácidos grasos poliinsaturados, de los cuales 20% de ácido linoléico (omega 6) y 9% de ácido linolénico (omega3). (INIFAP 2005)

En el centro de México se consumen las ramas tiernas del nabo silvestre (*B. campestris*) llamados “corazones”, los cuales se preparan cocidos y/o guisados. La etapa ideal para cortar dichas ramas se logra cuando su inflorescencia está a punto de iniciar floración. De acuerdo a degustaciones hechas con consumidores tradicionales de “corazones” en el Valle de Toluca, los de canola son de mejor sabor y mas succulentos por su mayor vigor.

Canola Melífera (nectarífera). La periodicidad en la producción de miel en las regiones tropicales y subtropicales está directamente relacionada con la presencia de flor de plantas silvestres (árboles y arbustos en primavera, y herbáceas a fines de verano-principios de otoño); en regiones de clima templado-frío de México, la producción de miel de octubre-marzo se ve afectada por las bajas temperaturas, pero principalmente por la falta de flor, ya que muy pocas especies resisten y

alcanzan a florecer con temperaturas inferiores a cero grados centígrados, como lo hace la canola. Su floración es muy abundante y duradera (poco más de un mes), lo que permite con un programa de siembras escalonadas de temporal y riego, tener canola en floración por lo menos durante ocho meses del año en altitudes mayores de 2400msnm y durante todo el año si se programan siembras de invierno en altitudes de 2000 a 2200msnm. Los cuatro nectarios de la flor de canola secretan de 0.2 a 2.0mg por día de néctar que contiene de 40 a 60% de azúcares, por lo que es una de las plantas nectaríferas y poliníferas de mayor importancia y con alto potencial para incrementar la producción de miel, haciendo mas rentables y sostenibles los sistemas de producción actuales.

Con un sistema de producción de miel-canola, se pueden establecer hasta 10 colmenas/ha que pueden producir hasta 1000kg de miel por cada diez hectáreas en un ciclo. (INIFAP)

En la alimentación animal

Canola forrajera. La colza o canola forrajera es una planta de ciclo muy corto (2.5-3.0 meses), capaz de abastecer de grandes producciones en etapas críticas.

En Francia en siembras de julio-agosto se reportan producciones de 4.0-6.0 ton/ha de ms 60 a 80 días mas tarde.

Las variedades resistentes al frío pueden ser sembradas en otoño para producir forraje a fines de invierno. Su uso mas frecuente es en pastoreo controlado mediante cerco eléctrico, aunque también se puede cortar para silo, o suministrar como forraje verde.

En el Estado de México, en cortes realizados al inicio de floración en P-V, aproximadamente a los 80 días de la siembra se han obtenido hasta 9.0 ton/ha de materia seca. En siembras de O-I en el Valle de Toluca se han

cosechado hasta 7.5 ton/ha de ms, con 22% de proteína y 18% de fibra cruda en forraje del primer corte.

El valor alimentario de una colza de verano explotada tres meses después de la siembra es de 0.93 Unidades Forraje Leche (UFL)/kg ms y de 175 de materiales nitrogenados totales/Kg. de ms.

Vaina para pájaros. Originalmente el nabo silvestre y ahora la canola se comercializan en México como “vaina” para alimento de los pájaros. La etapa ideal para la cosecha de la canola con este fin, es cuando la planta ha terminado la floración y la mayor parte de las silicuas (vainas) han llenado, lo cual se logra aproximadamente a los 90 días de la siembra en P-V.

Pasta de canola. La pasta o torta de canola es un subproducto obtenido del grano de esta oleaginosa, después de haberle extraído el aceite. Contiene cerca de 34% de proteína y 15% de fibra cruda. Como la pasta de soya se utiliza para la alimentación del ganado bovino, porcino y aves.

Rastrojo de canola. Como el rastrojo de maíz o de otros cereales de grano pequeño, el de canola también se puede emplear después de la cosecha del grano para alimentación del ganado, como compuestos balanceados, o como sustrato para la producción de champiñones y para la elaboración de composta.

Un estudio realizado por la Unión Ganadera Regional de Sonora demuestra que con 8.8% de proteína cruda y 47% de fibra cruda, el rastrojo de canola es de mejor calidad que el de maíz, sorgo y trigo.

En la industria

Las propiedades biodegradables del aceite en estado bruto motivaron su utilización en productos como los herbicidas y lubricantes. Puede servir

igualmente como carburante si el motor se modifica para este uso. Transformado químicamente, el aceite de colza puede ser empleado en los envases de alimentos, las botellas plásticas o como bases para pinturas. Los ésteres metílicos son cuerpos obtenidos por transformación del aceite vegetal. Estos se agregan a las resinas para pintura y a los productos fitosanitarios para aumentar su capacidad de resistencia a la humedad y hacerlos menos viscosos. También pueden reemplazar el diesel carburante.

2.2 Importancia económica.

La industria aceitera en México, anualmente importa grandes cantidades de materia prima en grano o como insumos semi-procesados, para la elaboración de productos refinados o terminados. (Cuadro 1) Uno de estos materiales es el grano de Canola que en el 2006 se importó 1.2 millones de toneladas (Ibarra 2007) a un costo promedio superior a los 330 dólares por tonelada, debido a que el 25 por ciento del aceite que se consume en el país es de canola (Canola-Council, 2004).

Cuadro 1. Volumen y costo de las importaciones de productos oleicos efectuados para la industria aceitera en México en el periodo 2000-2006.

Año	Volumen importado (miles de TN)	Costo de las importaciones. (millones de dólares)
2000	5,400	1,126
2001	6800	1,448
2002	6900	1,682
2003	7050	2,080
2004	7080	2,387
2005	8100	2,362
2006	8450	2,395

La distribución de las semillas y frutos de oleaginosos que demanda la industria aceitera en México, principalmente es de soya con más de un

67%, seguido por la canola las necesidades de canola con un 22 % (cuadro 2).

Cuadro 2. Demanda en porciento de tipos de semillas y frutos oleaginosos en México, 2006.

Total: 5.41 millones TM

Producto.	Porcentaje.
Soya	67.61%
Canola	22.31%
Algodón	1.77%
Copra	3.34%
Cártamo	1.22%
Palma de aceite	3.75%

2.3 Rentabilidad del cultivo de canola.

La introducción del cultivo de canola en la Meseta Purhépecha de Michoacán por investigadores del INIFAP fue en el 2004 debido a que, por sus requerimientos de clima y suelo lo establecieron bajo condiciones de temporal alcanzando rendimientos de hasta 2.5 ton/ha. Con la introducción de la canola no se pretende sustituir al maíz, que es el principal cultivo sembrado, si no permitir un mejor uso del suelo dando utilidad a los terrenos cultivados bajo el sistema año y vez en esta región, a fin de aprovechar las tierras en descanso.

El cultivo de canola cuenta con un precio objetivo publicado en junio del 2003 en el Diario Oficial de la Federación de \$ 3,500.00 por tonelada. La producción del grano de canola en esta región es comercializada en la Aceitera Tron Hermanos S. A. de C. V. la cual esta dispuesta a comprar

toda la producción de esta zona. En enero de 2008 el precio pagado al productor fue de \$ 5,000.00 por tonelada de grano.

Se realizó un comparativo en el Estado de México por personal del INIFAP sobre los cultivos sembrados con mayor frecuencia (tradicionales) y el cultivo de canola (Temporal, ciclo P-V 2005). Mediante un análisis de rentabilidad mostró que con la avena no se obtiene ganancia, solo se recupera la inversión, en maíz se obtiene una ganancia de 20 centavos por cada peso invertido, en trigo y cebada la ganancia es de 30 centavos por peso invertido y el cultivo de canola es el que arrojó la mayor ganancia que es de 50 centavos por peso invertido; por lo que se puede deducir que es el cultivo mas rentable en este estado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de rentabilidad de la canola con los cultivos de Maíz, Trigo, Cebada y Avena en el Estado de México en el ciclo P.V. 2005.

CONCEPTO	CANOLA	MAÍZ	TRIGO	CEBADA	AVENA
Costo (\$ / Ha)	\$4,000.00	\$5,200.00	\$3,400.00	\$3,200.00	\$3,000.00
Rendimiento (Ton / Ha)	2.5	4.5 (2.8)	3.5 (2.2)	3.3 (2.0)	300 pacas/ha (200)
Precio (\$/Ton)	\$4,000.00	\$2,500.00	\$2,200.00	\$2,250.00	\$20.00/paca
Valor de la producción (\$ / Ha)	10,000.00	11,250.00	7,700.00	7,425.00	6,000.00
Ingreso neto (\$ / Ha)	\$6,000.00	\$6,050.00	\$4,300.00	\$4,225.00	\$3,000.00
Margen de utilidad neta	60%	54%	56%	57%	50%

Fuente: INIFAP.

En el cuadro 4 se presenta un análisis comparativo generado en el estado de Michoacán en el 2006, que mostró una tendencia similar a la obtenida en el estado de México, siendo la mejor opción el cultivo de canola. (Cepeda et al 2007)

Cuadro 4. Análisis comparativo de la canola con otras opciones de cultivo en la Meseta Purhépecha P.V. 2006.

Cultivo	Rendim. (Kg/ha)	Valor produc. (\$/kg)	Ingreso bruto (\$/ha)	Costo cultivo (\$/ha)	Ingreso neto (\$/ha)
Maíz	1800	1.20	2160	3573	-1413
Maíz- forraje	3500	1.70	5950	4073	1877
Canola	2300	3.35	7705	4647	3058
Avena forrajera *	140	25.00	3500	2670	830

* Referido a pacas

III. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CANOLA.

Las plantas que dieron origen a la canola se les conoce de diferente forma en cada país, por ejemplo, es conocida como colza o mostaza en español e italiano; kolsa en alemán; rapeseed en inglés; navet oleifere en francés, en Canadá también se le conocía como colza y con el mejoramiento genético se generó la canola; estos son algunos de los nombres que han dado a esta planta, en la vida del ser humano. En México se le conoce como vainita, nabillo, mostacilla, nabo aceitero, y muchos agricultores la identifican como una “mala hierba” en los cultivos de trigo, maíz, alfalfa, cebada y avena; aunque también se le considera como planta silvestre, a veces invasora en terrenos descuidados.

3.1 Origen y distribución.

El origen del cultivo de la colza probablemente tuvo lugar en Asia Menor; más tarde practicado en el Mediterráneo, de tal forma que, griegos y romanos cultivaban esta planta con fines alimenticios y medicinales.

Robles (1991), cita que la planta de colza (Brassica napus) es cultivada desde tiempos muy remotos. Fue conocida por los griegos y por los romanos que la utilizaron ampliamente en su alimentación.

Growbacher (1992), menciona que la colza ha sido cultivada en la India por más de 300 años y en Europa desde el siglo XIII, y que en los años 50's comenzó la producción a gran escala en Europa.

La colza se encuentra distribuida en el continente Americano principalmente en Canadá, Estados Unidos, México, Chile y Argentina.

Fue recomendado el cultivo de la colza en España en 1772, y extendida en Alemania (Sachsen) en 1781.

A finales del siglo XVII Holanda fue el único país que desarrolló este cultivo (Appelqvist, 1972).

En el siglo XIX, el cultivo de la colza declino en importancia debido al incremento de la disponibilidad de otros aceites vegetales y minerales. Aunque el cultivo de la colza declino en el Occidente de Europa, llegó a ser más popular en el Este de Europa, Dinamarca, Suecia y Rusia.

Durante la Primera Guerra Mundial se produjo una demanda de aceites lubricantes especiales y la colza constituyó una importante fuente (weiss, 1983)

La introducción del cultivo de canola en México es muy reciente. En el noreste del país se cultivó por primera vez en la década de los 90, mientras que en el centro se introdujo en el año 2000. (INIFAP 2004).

3.2 Clasificación taxonómica

Robles (1991), menciona que la clasificación de esta especie ha sido sumamente controvertida, por las opciones de distintos autores, ya que algunos la mencionan como Brassica campestris, var. Oleífera, Brassica napus, sin embargo otros los citan como Brassica campestre var. Toría, Brassica napus var, y otros más.

Según Cronquist (1981), la clasificación taxonómica de la canola es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Brassicales

Familia: Brassicaceae

Género: *Brassica*

Especie: *napus*

Nombre binomial: *Brassica napus*.

3.3 Descripción botánica

La Canola (*Brassica napus* L. y *B. rapa oleífera* Metzg.), pertenece a la familia de las crucíferas que más se cultiva en el mundo, se deriva de la hibridación natural de la col (*Brassica oleracea* L.) y el nabo silvestre (*Brassica campestris* L.).

Robles (1991), indica que la canola es una planta anual de raíz pivotante, engrosada en la parte basal y delgada en la parte apical, en la que hay numerosos bellos radicales. Debido a su gran variabilidad, la planta puede ser de tallo erecto, simple y ramificado; de 0.5 a 1.5 m de altura, según la variedad y las regiones agrícolas y de consistencia herbácea.

Las hojas son ásperas, las superiores son oblongas-lanceoladas, de color verde claro, con aurículas grandes y borde casi entero. Las hojas inferiores son más grandes y dentadas, con un lóbulo terminal obtuso; normalmente son ciliadas en los bordes y con pelillos suaves y cortos, son pinnatífidas y liradas.

Las flores son de color amarillo, hermafroditas y se encuentran dispuestas en una inflorescencia racimosa. Son pediceladas y su perianto se diferencia perfectamente en el cáliz y corola de cuatro sépalos y cuatro pétalos característicos de las crucíferas.

La flor es completa y perfecta; el androceo esta constituido de seis estambres; las anteras tienen dehiscencia longitudinal. La polinización de esta planta es cruzada, el ovario es superior, bilocular y bicarpelar dividido por un falso tabique que separa los dos carpelos.

El fruto es una silicua de 3 a 4 mm de ancho y de 6 a 7 cm de largo, cada uno de estos frutos contienen de 10 a 20 semillas de color amarillo claro, negro o parduzco, ovaladas y ligeramente esféricas.

Las semillas son esféricas de 2 a 2.5 mm de diámetro dependiendo de la variedad, esta compuesta por una cubierta de escaso contenido de aceite y alta proporción de fibra por el endospermo que es muy reducido y por el embrión que es principal constituyente. Este consta de los cotiledones

que son dobles y que contienen alrededor del 50% del aceite y la mayor parte de la proteína de la semilla. (García, 1985)

3.4 Fases de desarrollo de la planta.

En el cuadro 5 se presenta una descripción de las características que presenta el híbrido de canola utilizado para la siembra en el experimento, este fue la variedad HYOLA 401, la cual bajo condiciones de clima y humedad que se presentan en la meseta Purhépecha, presenta un ciclo vegetativo de entre 145 a 150 días.

Cuadro 5. Descripción de las etapas de desarrollo del cultivo de canola.

	1.- Plántula. Comienza con la emergencia de los cotiledones y finaliza cuando se forma el primer par de hojas.
	2.- Roseta. Inicia cuando el primer par de hojas se ha desarrollado y termina cuando el tallo comienza a alargarse. El tallo presenta de 4 a 7 hojas unidas por un delgado peciolo.
	3.- Elongación del tallo. Esta fase comienza cuando el tallo comienza a alargarse y finaliza con la aparición de las primeras flores en grupos de racimos, cuando el tallo principal alcanza de 30 a 60% de su longitud máxima. (45 a 60 días)
	4.- Floración. Principia con la apertura de las primeras flores y finaliza cuando caen los pétalos de la última flor. La floración se desarrolla de la parte inferior a la parte alta de la inflorescencia. (55 a 90 días).



5.- Formación de silicuas.

Se desarrolla al igual que la floración, de la parte inferior a la parte alta, hasta la formación de todas estas.



6.- Madurez fisiológica.

Inicia con la elongación de las silicuas y finaliza cuando todas las semillas alcanzan su tamaño máximo y adquieren un color café oscuro. La madurez es progresiva de las vainas inferiores a las superiores. Finalmente cuando el grano maduro de todas las vainas es de color café oscuro y la planta se ha secado se procede a la cosecha (145-150 días.)



7.- Semilla.

La semilla es de color negro o parduzco, ovaladas y ligeramente esféricas; tienen un diámetro de 2 a 2.5 mm dependiendo de la variedad.

3.5 Aspectos agronómicos del cultivo de canola

3.5.1 Condiciones climatológicas.

La canola generalmente se cultiva en regiones que van de 0-3000m. Sobre el nivel del mar, en regiones frías, asimismo esta adaptado a altas latitudes (50° Norte- Sur). En cuanto a su adaptación climática se ha encontrado que se desarrolla bien en climas templados o fríos. Por lo que respecta a la humedad, requiere que durante su desarrollo vegetativo haya una buena y bien repartida precipitación o de lo contrario se necesita darle riegos de auxilio. Una precipitación mínima, durante todo su ciclo será de 500 mm, de lluvia (Robles, 1991).

3.5.2 Condiciones edáficas.

Este cultivo se desarrolla en diferentes tipos de suelo, pero se desarrolla mejor en suelos profundos y de textura franco arenosa a franco arcillosa.

Algunos autores citan que la canola se da bien en suelos de textura migajón-arenoso, franco-limoso o arcillosa y que además requieren de una profundidad de suelo de 0.90-1.50 m y con buen drenaje; pero la canola se puede cultivar en suelos pobres o muy arenosos, siempre y cuando se haga una fertilización adecuada. Y es mediante tolerante a la salinidad.

Robles (1991), menciona que el pH óptimo para esta especie oscila entre 6.0 y 7.5, sin embargo también se han tenido buenos rendimientos en pH desde 5.3 en suelos andosoles de origen volcánico en la Meseta purhépecha (Cepeda et al 2006).

3.5.3 Labores culturales

La rusticidad de la canola permite un manejo agronómico variable y que se establezca en diferentes tipos de preparación del terreno y posteriormente con las labores de cultivo.

3.5.4 Selección del terreno

Dado que la canola tiene sus orígenes en especie que en estado silvestre son malezas, en la actualidad no existe herbicidas selectivos a la canola generada a través del mejoramiento convencional por lo que se requiere para la siembra seleccionar terrenos que no presenten alta infestación de maleza del tipo de la mostacilla, rabanillo, etc., que son de la misma familia de esta oleaginosa ya que el control manual incrementa

considerablemente los costos de producción y disminuye la posibilidad de obtener altos rendimientos de producción.

El cultivo debe mantenerse libre de maleza durante los primeros 40 días, periodo crítico, posteriormente la canola puede competir con las hierbas anuales, debido a la gran cantidad de follaje que desarrolla.

3.5.5 Preparación del terreno

La canola es una de las especies que se consideran “rusticas” en su manejo agronómico y esta provista de un tipo de raíz profunda y pivotante, por lo que responde positivamente a la labranza en terrenos arcillosos y de mal drenaje; así mismo esta especie puede producir bien, cuando se le somete a los sistemas de conservación como de labranza mínima, reducida, y cuando los suelos son de tipo arcilloso profundo, francos y ligeros.

- **Subsoleo**

Como todas las especies de cultivares de raíces profundas, la canola requiere de un suelo blando para lograr el óptimo desarrollo del sistema radicular, lo que permite la exploración máxima del frente de humedad, proporcionado por el manto freático, precipitaciones y riegos aplicados. La práctica del subsoleo, se sugiere para suelos compactados de difícil drenaje, se realiza a una profundidad preferente de 60 cm.

- **Barbecho**

Consiste en voltear la capa arable del suelo, lo que permite la oxigenación y la exposición al sol de las capas profundas del horizonte 0 a 30 cm. Con esta práctica se destruyen en buena medida los estados inmaduros de los insectos-plaga, y ayuda a controlar alguna maleza.

- **Rastreo**

Esta práctica es necesaria para homogenizar el suelo, pulverizar residuos orgánicos y afinar la capa arable; el número de pasos de la rastra dependerá de las condiciones del suelo y de la capacidad del equipo utilizado. Una rastra pesada tirada por un tractor de oruga y de alto caballaje, hará mejor trabajo que un equipo que una de tipo liviano y tirada por un tractor de llantas angostas y de reducida capacidad.

- **Nivelación**

La nivelación proporciona las condiciones ideales para el trazo de la cama de siembra o surcos; permite el óptimo manejo del agua de riego, favorece la uniformidad de la siembra y posteriores labores durante el desarrollo del cultivo.

- **Surcado**

Debido al tamaño de la semilla de la canola, se sugiere realizar la práctica del surcado, con la finalidad de que la semilla no sea arrastrada por el agua de riego o por la lluvia, además de evitar que se tape la planta al momento de la escarda.

3.5.6 Variedades

En México se han evaluado genotipos tanto híbridos como variedades de polinización libre que han sido generados a través del mejoramiento genético convencional y proceden de diferentes partes del mundo, principalmente Canadá, Estados Unidos y Australia, dentro de los cuales han sobresalido los híbridos de la serie Hyola, entre los que se destaca como el mejor el 401, así como las variedades de polinización libre como la Monty, Scoop y SP Armada, las cuales en general presentan ciclo vegetativo que van desde los 130 hasta 160 días.

3.5.7 Época de siembra.

Actualmente la explotación comercial de canola se cubre principalmente con las especies *B. napus* L. y *B. rapa* L. En ambas especies se dispone de dos grupos de variedades, uno adaptado para el ciclo de invierno y otro para siembras de primavera (Downey y Rimmer, 1993).

La canola es una especie sensible al terreno y fotoperiodo, razón por la cual responde a un amplio rango de fechas de siembra. Es una especie que por su origen, necesita un cierto número de horas frío en las variedades de invierno, sobre todo durante la formación de roseta, de esta cantidad de frío dependerá en mayor o menor grado la expresión del rendimiento.

Debido a las condiciones de clima que se presentan en la Meseta Purhépecha, se sugiere realizar la siembra en el periodo del 5 al 20 de junio, cuando ya este establecido el período de lluvias, además para escapara a las heladas tempranas que se pudieran presentar a principios del mes de Noviembre.

3.5.8 Método de siembra.

La canola es una especie sumamente versátil, al cual responde por igual a los diferentes distanciamientos entre surcos y sistemas. Esta especie puede sembrarse en surcos separados desde los 70 cm hasta un metro. La distancia universal entre surco, es de 30 pulgadas, lo que equivale a 76.2 cm. Cada agricultor implementará las distancias entre surco mas conveniente, dependiendo de la topografía del terreno y del estado y capacidad de la maquinaria disponible. Cabe señalar que la canola responde igual forma cuando se le siembra en surcos separados a un metro y con doble hilera de plantas.

La siembra debe efectuarse sobre suelos húmedos, lo que se conoce como “a tierra venida”, o en suelo seco, dependiendo de la textura del suelo y del grado de infestación de malas hierbas. Para una buena siembra, puede utilizarse maquinas sembradoras simples para grano

pequeño como la tradicional “planet junior”, o maquinas de gravedad accionadas por un motor electrónico como la “Gandy” o la “Brillon”, ambas adaptables a una porta-herramientas.

En nuestro país, la maquinaria de precisión para este fin es de dimensiones muy grandes y costo elevado. Para tener una buena distribución de la semilla de canola al momento de la siembra se recomienda utilizar las sembradoras de precisión neumáticas “Dobladense OL-U2N”, utilizadas para la siembra de maíz en labranza de conservación, ya que resulta ser la mejor opción, debido a las modificaciones realizadas con este fin por el personal investigador del INIFAP-CENAPROS en el campo experimental Uruapan, Michoacán. (Cepeda et al 2004)

3.5.9 Densidad de siembra.

La canola en clima templado, puede alcanzar una altura superior a 1.20 m, por lo que se requiere sembrar cantidades bajas de semilla; además, por su tamaño que tiene un diámetro no mayor a 2mm, es necesario realizar una distribución de la semilla lo más uniforme posible al momento de la siembra.

Por su velocidad de crecimiento, la canola es una especie agresiva y responde vigorosamente cuando la competencia entre plantas es baja, lo que se traduce a un buen mecanismo compensatorio; debido a que es una especie altamente prolifera, con poca cantidad de semilla se puede cubrir una superficie considerable. Por lo anterior se sugiere sembrar de 2 a 4 Kg de semilla certificada por hectárea, con un mínimo de 85% de germinación para asegurar una buena densidad de plantas. El rango que se sugiere, es debido a que normalmente se presentan diferencias en cuanto a las condiciones del suelo, tipo de maquinaria y fecha de siembra. Por naturaleza, la semilla de canola es de lato vigor germinativo y variable por arriba del 90 %. (Cepeda et al 2005)

Por otra parte, es importante indicar que en casos muy especiales, donde exista un terreno de primera calidad, y se encuentre con

maquinaria de precisión, la siembra se lleve a cabo en la época más temprana dentro de la recomendación, es posible bajar la cantidad hasta 1.5 Kg de semilla por hectárea; por lo contrario, si las condiciones no son favorables, como suelos compactos de mal drenaje, alto contenido de carbonatos, salinidad, o topografía accidentada, la cantidad deberá incrementarse por arriba de los 3 Kg de semilla por hectárea.

3.5.10 Profundidad de siembra

Debido a que el tamaño de la semilla de canola oscila entre los 2 y 3 mm de diámetro el poder de emergencia es bajo por lo que se recomienda realizar la siembra a profundidades de entre 2 y 3 cm (Cuadro 6), para lograr una adecuada germinación de plantas (Cepeda et al 2005), ya que al incrementar la profundidad de siembra se incrementa el riesgo de ahogamiento de las plántulas.

Cuadro 6. Plantas de canola emergidas de semillas sembradas a diferentes profundidades.

Profundidad cm	Plantas emergidas
1	85
2	100
3	95
4	60
5	50
6	35
8	10
10	0
12	0
15	0

Fuente: Chacra experimental integrada Barrow. Convenio MAA-INTA, 1998.

3.5.11 Fertilización química.

Se tiene el conocimiento que las especies productoras de aceite son rusticas y no muy exigentes en cuanto a la fertilización nitrogenada sin embargo para la canola es importante mantener un buen equilibrio entre los elementos Nitrógeno, Fósforo y Azufre en el suelo.

La fertilización inicial en la región de la Meseta Purhépecha, en el estado de Michoacán se recomienda aplicar con la misma maquina sembradora. Se sugiere la fórmula 120-80-60 de nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), con las fuentes de Urea, súper fosfato de calcio triple y cloruro de potasio, aplicando una tercera parte del N, todo el P y K en la siembra y las dos terceras partes restantes del N en la escarda aproximadamente a los 50 días de la siembra.

Al inicio de la floración se recomienda la aplicación de un fertilizante foliar (Biozyme) en una dosis de 450 ml. /hectárea diluido en 200 o 300 litros de agua. (INIFAP, 2005)

- **Nitrógeno**

Las fuentes principales de nitrógeno en el suelo son las materias orgánicas, las sales amoniacales y los nitratos. En las plantas, el nitrógeno entra en una gran proporción a formar parte de compuestos orgánicos; este elemento se absorbe a través de los pelos radicales en forma de nitrato, principalmente, y en esta forma es translocado a todas las partes de la planta. Casi todas las plantas absorben nitrógeno durante todo su ciclo vegetativo, pero principalmente durante los periodos de crecimiento rápido.

En general para el cultivo de canola, se recomienda una dosis entre 90 y 120 Kg por hectárea, dependiendo del tipo de suelo, el nivel nutrimental del mismo tiempo de descanso, cultivo anterior, el manejo agronómico en general y del ciclo del cultivar utilizado, aplicando en forma fraccionada que normalmente se recomienda un tercio al momento de la siembra y el

complemento al momento de la escarda, aproximadamente a los 50-55 días después de la siembra.

- **Fosforo**

El fosforo se encuentra principalmente en los suelos en forma de fosfatos, la mayor parte de los cuales no son fácilmente utilizables por las plantas; en suelos ácidos, su asimilabilidad es todavía menor debido a la presencia de hierro y aluminio. Una pequeña parte se encuentra como compuesto orgánico formando parte de la materia orgánica y en esta forma tampoco es frecuentemente utilizable por las plantas, teniendo previamente convertido en fosfato soluble.

La canola por ser una especie productora de aceite, requiere de Fósforo ya que este elemento es indispensable en la síntesis de los ácidos grasos, además de que interviene en el mecanismo de captación de energía para la fotosíntesis y por lo tanto, el rendimiento de esta especie depende en buena medida de la presencia de este elemento, el cual por su poca movilidad en el suelo se sugiere aplicarlo en su totalidad al momento de la siembra.

- **Azufre**

En los tipos de suelos donde se tiene problemas de aplicación, salinidad en sus diferentes grados, y carbonatos, entre otros, se sugiere fertilizar las tierras con productos que suministren Azufre, como son el Sulfato de amonio como fuente principal de Nitrógeno, y el Ácido Sulfúrico como mejorador de suelo, según sea el caso (S. Ortegón, CIRNE-INIFAP, 2000).

3.6 Plagas, enfermedades.

3.6.1 Plagas.

Los principales insectos plaga que pueden presentarse son:

Pulgones *Myzuz persicae* y *Brevicoryne brassicae*. Estas son las plagas de mayor importancia económica, ya que afectan directamente al fruto.

Generalmente se presentan durante la floración y se alimentan de yemas florales y de vainas en formación, con lo que impiden la formación de grano. La falta de humedad y altas temperaturas durante esta etapa favorecen su presencia. El daño de esta plaga puede ocasionar una baja en el rendimiento de hasta el 33%.

Si se observan colonias de pulgones en manchones (grupos de 5 a 10 plantas) en un 15-20% de la superficie sembrada, es cuando pueden ocasionar daño económico y se requiere de su control.

Gusano de la col (*Pieris rapae*).

Se puede presentar en cualquier etapa del cultivo y el daño principal lo ocasiona en las hojas. En infestaciones severas, la defoliación de la planta llega a ser completa. La larva es un gusano de color verdoso, aterciopelado, que mide 2.5 cm o más y el insecto adulto es una mariposa de color blanco.

Se requiere de control químico al detectarse de 10 a 15 larvas/m².

Chinches. (*Lygus* spp.).

El daño de esta plaga es causado por adultos y ninfas, es crítico el ataque cuando ocurre durante la etapa de formación de botones florales. Las lesiones causadas al chupar la savia de las plantas se observa en tallos, yemas, flores y vainas, con lo que ocasionan granos mal desarrollados o vanos.

Se sugiere control químico cuando se capturen más de cinco chinches en 10 redadas, durante la formación de botones florales.

Cuadro 7. Plagas de canola e insecticidas y dosis recomendadas para su control.

Plaga	Insecticida	Dosis (g. i. a./ ha)
Pulgones	Pirimor *	400
	Dimetoato	400
Gusano de la col	Clorpirifos	480
Chinches	Metamidofos	600

* Es selectivo a las abejas y otros insectos benéficos de la canola (Cepeda *et al*, 2005b)

3.6.2 Enfermedades.

Pudrición de la base del tallo. El hongo causa destrucción de los tejidos del cuello de la planta. Esta emite raíces adventicias por encima de la zona afectada para tratar de equilibrar su nutrición. Para su prevención se requiere de usar variedades resistentes.

Mancha parda. El hongo se transmite por la semilla y los daños en la plántula son manchas de color marrón claro en el tallo y en las hojas cotiledonales; las manchas presentan anillos concéntricos. En estas lesiones se producen esporas que, al ser diseminadas por el viento, transmiten la infección a otras hojas y plantas.

Se recomienda el tratamiento de la semilla con fungicidas protectores antes de la siembra, como Thiram.

Pudrición blanca de la planta. Cuando el cultivo es atacado por este hongo, la planta se recubre de un moho blanquecino y se seca en toda su longitud. Sobre el moho se forman gránulos de color negro de varios milímetros de tamaño, generalmente a la altura del cuello.

Al tiempo de la cosecha conviene cortar las plantas a mayor altura, a fin de evitar que las semillas se mezclen con los micelios del hongo.

Hernia de las raíces. El hongo ataca las raíces ocasionando la formación de tumores, blancos al principio y después se ennegrecen y pudren. Para lograr su prevención, se recomienda la rotación de cultivos y el empleo de fertilizantes alcalinos, pues el agente patógeno prospera en suelos ácidos.

Alternaria: Alternaria brassicae, A. brassicicola y A. rapan. Es una enfermedad de mayor importancia que puede afectar a la canola, los síntomas en las plantas enfermas aparecen en hojas y tallos en forma de manchas pequeñas de color café, gris o negro, las cuales están rodeadas de un borde más oscuro. (S. Ortigón, CIRNE-INIFAP, 2000).

Nematodos. La canola no sufre por el ataque de nematodos comunes como en otras crucíferas, sin embargo, pueden contribuir a su multiplicación. Por ello, después de su cultivo no se recomienda sembrar cultivos susceptibles al ataque de nematodos, como la remolacha azucarera.

3.7 Cosecha.

La cosecha se debe hacer cuando al partir la silicua, las semillas tengan una coloración café-amarillento y cuando se puedan presionar sin que se aplane. Se recomienda hacer la cosecha en las primeras horas de la mañana, ya que es cuando las silicuas se encuentran húmedas por el rocío y de esta forma la pérdida de semillas es menos. (Robles, 1991).

Para cosechar la canola puede utilizarse la misma maquinaria que para cereales, haciendo ajustes necesarios en el mecanismo de corte, de trilla, de retrilla y de limpieza.

El avance de trilla de canola es inferior al avance de trilla de trigo en un 25%. (Cepeda et al 2005); es decir, si una combinada presenta un avance

de 10 hectáreas durante el día, esta misma maquina cosechará 7 hectáreas y media de canola. Esta proporción puede variar dependiendo de la calidad y presencia de los cultivos, así como del modelo de la trilladora, su estado y la destreza del operador.

Después de haber trillado una superficie considerable de canola, por decir, unas 50 hectáreas es recomendable trillar unas trece o cuatro hectáreas de trigo para “purgar” el mecanismo de la combinada, ya que el grano de canola, por el aceite que contiene se adhieren paulatinamente partículas de pasta con consistencia “pegajosa” en las paredes de los elevadores y “gusanos sin fin”, así como el cilindro y el cóncavo, elementos principales que forman parte del mecanismo de trilla.

Se recomienda que la cosecha de canola se realice cuando la planta presente una coloración crema en el tallo y el grano con una coloración marrón oscuro, o se puede hacer una prueba de quebrar un grano con los dientes y este truene, o en su defecto hacer un muestreo de silicuas y determinar el contenido de humedad con un aparato. La humedad del grano a la que se recomienda hacer la cosecha es entre el 10% y máximo 12% para que entregarse a la industria aceitera no recibir castigo por exceso de humedad y así mismo perder peso debido a que el grano este demasiado seco. (Cepeda et al 2005b).

Para el almacén del grano se debe realizar cuando este tenga como máximo 10% de humedad, los locales destinados para esta actividad deben tener las características de ser secos, frescos y con buena ventilación (Robles 1991).

IV. BIOFERTILIZACIÓN.

4.1 Importancia de los Biofertilizantes.

En la última década a escala mundial y bajo los principios biotecnológicos, se han estado introduciendo en la práctica agrícola, numerosos bioproductos de origen animal, vegetal o microbiano para sustituir en gran medida a los productos químicos, abaratar la producción agrícola y reducir los riesgos de contaminación ambiental. (Rodríguez 1993).

Los biofertilizantes que se aplican en la agricultura, se encuentran en presentaciones de harina, extractos y polvos solubles. La forma apropiada de su elaboración permite potencializar su acción (Blaine *et al.*, 1990; Crouch y Van Staden, 1992). Los biofertilizantes mejoran el suelo y vigorizan las plantas incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas. Su uso es común en varios países y a medida que esta práctica se continúe extendiendo, irá sustituyendo el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así la agricultura sustentable (Canales, 1999).

La aplicación de biofertilizantes ofrecen grandes ventajas a los cultivos, ya que es una estrategia importante para mejorar o preservar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos y por consiguiente su potencial agro-productivo, además de mejorar la rentabilidad (Cuadro 8). Los microorganismos existentes en el suelo no solo son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico, aumentar la capacidad extractiva de nutrimentos por parte del radical de las plantas, solubilizar fosforo insoluble en el suelo, sino que también son productores de sustancias promotoras o inhibidoras del crecimiento vegetal y tienen en general un sin número de funciones en el microambiente del suelo, de gran interés teórico y práctico en la producción agropecuaria.

Varios de los procesos biotecnológicos relacionados con la biofertilización de las plantas son ya explotados comercialmente en el mundo, mientras que otros se encuentran en fase de investigación o de desarrollo tecnológico.

Cuadro 8. Ventajas de utilizar Biofertilizantes vs. la fertilización química.

Fertilizante químico	Vs.	Biofertilizante.
Alto costo y disponibilidad decreciente (incrementos desmedidos de precios)		Bajo costo y fácil reproducción (menos del 10% del costo químico)
Alto desperdicio (solo de un 30 a 40% es utilizado por la planta)		Cero desperdicio y mejor aprovechamiento.
Contamina aire, suelo y agua.		No contamina.
Elimina los microorganismos del suelo.		Desarrolla microorganismos en el suelo.
Esteriliza el suelo y provoca salinidad.		Regenera el suelo y mejora la biología del suelo.
Almacén y transporte costoso.		Fácil almacenamiento y transporte.

Fuente: INIFAP.

4.2 Que son los Biofertilizantes.

Los biofertilizantes pueden definirse según (Martínez y Dibut, 1996) como preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas. A través de la aplicación de estos que contengan superpoblaciones de microorganismos desde 100 hasta 100,000 millones de ufc./ ml (Unidades formadoras de colonias por milímetro) que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo, con el objetivo de

incrementar el número de microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y el rendimiento de los cultivos.

Estos microorganismos son eficientes fijadores de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo o potenciadoras de diversos nutrientes, además de suministrar sustancias hormonales o promotoras de crecimiento (auxinas, gliberelinas, citoquininas, aminoácidos, vitaminas y péptidos) necesarias para su desarrollo.

Según Dibut (2001) se menciona que la utilización de los biofertilizantes constituye uno de los procedimientos más económicos y que más beneficios reporta al productor.

4.2.1 Azospirillum.

Aún cuando *Spirillum lipoferum* fue descrito en 1925 por Beijerinck, esta bacteria estuvo olvidada por varias décadas. Son las observaciones de Peña-Cabriales y Dobereiner en 1973 las que iniciarían la época moderna de esta bacteria. Estudios taxonómicos de *S. lipoferum* conducen a su reclasificación en un género nuevo, *Azospirillum*.

Actualmente son reconocidas seis especies en el género *Azospirillum*. Las dos primeras en ser descritas fueron *A. lipoferum* y *A. brasilense*, siendo éstas las mas ampliamente estudiadas. Posteriormente fueron descritas las especies *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense* y *A. largomobile* siendo el nombre de esta especie corregido a *A. largimobile*. Pocos años antes ésta especie fue considerada como un sinónimo de la especie *A. lipoferum*. Recientemente, en honor de quien impulsara los estudios con este género bacteriano y descubriera otros diazótrofos, se ha propuesto la especie candidata *A. doebereineriae*.

Después del redescubrimiento de *Azospirillum* y hasta alrededor de 1993, este género fue el más estudiado entre las bacterias asociadas a plantas. La capacidad de *Azospirillum* para estimular el crecimiento de las plantas

y de aumentar el rendimiento de los cereales ha promovido numerosos estudios sobre la ecología, fisiología y genética de esta bacteria. En la actualidad su uso comercial comienza a extenderse en diferentes países, incluido México.

El pH del suelo juega un papel importante en la presencia de las especies del género *Azospirillum*. Las especies de *A. brasilense* y *A. lipoferum* se encuentran en mayor abundancia en suelos con valores de pH cercanos a la neutralidad, aún cuando a pH abajo de 5 se les encuentra en forma esporádica y no detectando su presencia en suelos con pH menor a 4.5.

Un estudio en el que se evaluaron 23 tipos de suelos con características diferentes mostró que algunos factores abióticos tales como porcentaje de arcilla, contenido de materia orgánica, capacidad de retención de agua y contenido de nitrógeno favorecen la sobrevivencia de *A. brasilense*, en tanto que el tamaño de las partículas de arena y especialmente la alta concentración de carbonato de calcio afectan negativamente la sobrevivencia de esta especie en ausencia de plantas. No obstante, la sobrevivencia de *A. brasilense* en la rizosfera es independiente de la aridez del suelo.

Aun cuando las especies de *Azospirillum* difieren en su capacidad para utilizar diferentes compuestos como fuentes de carbono y nitrógeno, estas bacterias usan para su crecimiento compuestos como monosacáridos y disacáridos así como alcoholes polihidroxilados, y principalmente diversos ácidos orgánicos como el málico y succínico y algunos aminoácidos.

La asociación de *Azospirillum* con las raíces de las plantas se desarrolla en dos etapas completamente independientes. La primera consiste en una adsorción rápida, débil y reversible, la cual es dependiente de proteínas de la superficie bacteriana del tipo de las adhesinas en conjunto con la participación del flagelo polar. La segunda fase consiste de un anclaje lento pero firme e irreversible que alcanza su máximo nivel a 16 horas después de la inoculación, el cual parece ser dependiente de un polisacárido extracelular de *Azospirillum*.

Azospirillum brasilense



Figura 1. Bacteria del género *Azospirillum* y de la especie *brasilense*.

Es una bacteria *Azospirillum brasilense* (Figura 1) tiene la propiedad de fijar el nitrógeno que vive sobre las raíces de las plantas y es capaz de beneficiar diversos cultivos de importancia agrícola, tales como el trigo, maíz, sorgo, arroz, cebada, avena y en cultivos perennes como el café, los cítricos, tanto en vivero como en plantaciones comerciales.

Además de fijar Nitrógeno, esta bacteria es capaz de producir hormonas de crecimiento vegetal, generando un crecimiento importante del sistema radicular, lo que permite mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes disponibles en el suelo, incluyendo la mayor absorción de los nutrientes o fertilizantes aplicados.

4.2.2 Micorrizas.

Los experimentos con sistemas de asociación entre hongos y raíces de plantas superiores tienen más de un siglo de antigüedad. En el año 1885 Frank observó que las raíces del haya (*Fagus*) de los pinos (*Pinus*) se encontraban envueltas o superficialmente invadidas por hifas fúngicas sin que por esto las plantas mostrasen signos de enfermedad. Fue el quien propuso el nombre de Micorrizas (del griego *mykes*, hongo, y *rhiza*, raíz) para dichas estructuras que nunca se forman en órganos con clorofila. (Muntañola, 1997).

Las micorrizas constituyen una simbiosis especialmente importante, que ocurre en la mayoría de los grupos de plantas vasculares. Las micorrizas son capaces de absorber y transportar fósforo, zinc, manganeso y cobre,

todos nutrientes esenciales. Los hongos se benefician obteniendo carbohidratos de la planta hospedante.

Solo unas pocas familias de angiospermas carecen de ellas: Brassicaceas y Cyperaceas. Las Proteaceas tienen raíces muy finas que parecen desempeñar un rol similar al de las micorrizas.

Existen bacterias que favorecen el proceso de micorrización selectivamente, se las denominó bacterias ayudantes (Garbaye 1994).

Hay dos tipos de micorrizas, las endomicorrizas y las ectomicorrizas.

Endomicorrizas. Forman unas estructuras dendroides llamadas arbúsculos o protuberancias llamadas vesículas, que quedan revestidas por la membrana plasmática. Se suelen llamar micorrizas V/A por la formación de estas estructuras. El hongo nunca penetra la endodermis, ni la estela, ni el meristemo apical, ni la caliptra.

Las hifas se extienden varios centímetros por fuera de la raíz, incrementando la cantidad de nutrientes absorbidos.

El intercambio entre hongo y hospedante tiene lugar en los arbúsculos, que se llenan de gránulos de fosfatos.

Las endomicorrizas son particularmente importantes en los trópicos donde los suelos tienden a retener los fosfatos. La comprensión de las relaciones micorrízicas puede ser la clave para disminuir la cantidad de fertilizantes (especialmente fosfatos) que deben aplicarse a los cultivos para obtener buenas cosechas (Raven 1991).

Ectomicorrizas. Son características de ciertos grupos de árboles y arbustos de regiones templadas: Fagaceas (robles), Salicaceas (alamo, sauce), Pinaceas, y árboles como *Eucalyptus* y *Nothofagus* que habita en las zonas límites del crecimiento de árboles.

El hongo crece entre las células de la raíz, rodeándolas sin penetrarlas, formando una estructura característica, la “red de Hartig”. Además las raíces están rodeadas por una vaina formada por el hongo, llamada manto fúngico; las hormonas que secreta el hongo provocan la

ramificación de la raíz, que adopta un aspecto característico esponjoso y ramificado. El micelio se extiende mucho hacia el suelo. Los pelos absorbentes a menudo están ausentes, siendo reemplazados por las hifas fúngicas (Muntañola 1997).

Micorriza (género *glomus* intraradices).

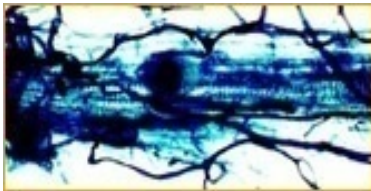


Figura 2. Hongo micorrízico del género *Glomus intraradices*.

El termino micorriza significa asociación hongo – raíz, lo cual es una asociación entre los pelos de la raíz de una planta y el hongo específico de la micorriza.

Existen varios tipos de asociación siendo la más popular la micorriza vesículo - arbuscular.

Los mayores beneficios de esta asociación son el incremento de la longevidad de los pelos de la raíz incrementando con ello el tiempo y el área de absorción de nutrientes tanto mayores como menores.

Las micorrizas del género *Glomus intraradices* (Figura 2) son capaces de absorber, acumular y transferir los principales macro y micro nutrientes y el agua a la planta, mas rápidamente que las raíces sin micorrizas.

Décadas de investigación muestran que las micorrizas incrementan la tolerancia de las plantas a la sequía, compactación, altas temperaturas del suelo, metales pesados, salinidad, toxinas orgánicas e inorgánicas y extremos de pH del suelo.

Estos hongos también prolongan la vida, viabilidad, y productividad del sistema radical de la planta.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Área de estudio.

5.1.1 Localidad y sus características.

El experimento fue realizado por el Campo Experimental Uruapan, Michoacán, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en la localidad de Sevina del Municipio de Nahuatzen, Michoacán, México, ubicada entre las coordenadas 101° 55' 11,2" W y 19° 36' 54,6" N, con 2422 m de ASNM. El tipo de clima que predomina es el C (w₂)(w), templado subhúmedo con lluvias en verano, el más húmedo en cuanto a humedad. La temperatura promedio anual es de 14.0 a 16°C y la precipitación pluvial media anual de 1000 a 1300 mm, pero para el 2007 la precipitación fue de 924 mm en el ciclo de la canola (grafico anexo)

El terreno utilizado para dicho experimento es propiedad del Prof. David Martínez, donde el cultivo se estableció bajo el régimen humedad residual, en el ciclo Primavera-Verano 2007.

5.1.2 Manejo agronómico.

El manejo agronómico del cultivo consistió en tratar la semilla antes de la siembra con los biofertilizantes (cuadro 9) la bacteria (*Azospirillum brasilense*) a una dosis de 9 gr. por cada 500 gr. de semilla, el hongo micorriza (*Glomus intraradices*) a una dosis de 25 gr. por cada 500 gr. de semilla, de manera conjunta ambos fertilizantes (Figura 3) con las mismas dosis manejadas anteriormente por cada 500 gr de semilla.



Figura 3. semilla de canola tratada con los biofertilizantes aplicados antes de la siembra.

El cuarto tratamiento consistió en unir ambos biofertilizantes acompañado de un insecticida químico (Furadan 300 TS) a una dosis de 57 ml por cada 500 gr. de semilla (Figura 4)



Figura 4. Semilla de canola tratada con la aplicación de los biofertilizantes y la dosis de furadan 300 TS.

Todos los tratamientos anteriores complementados con la fertilización química 60-60-00 de NPK, además de un testigo que se trató con Furadan 300 TS y fertilización química que se maneja en la región con la

formula 90-60-00 NPK obtenido de las fuentes urea, súper fosfato de calcio triple.

Cuadro 9. Lista de tratamientos evaluados en canola de temporal en Sevina, Michoacán ciclo P.V. 2007.

Nº	TRATAMIENTOS	DOSIS/500GR semilla
1	BACTERIA (<i>Azospirillum brasilense</i>)+ 60-60-00 NPK	9 gr.
2	MICORRIZA (<i>Glomus intraradices</i>) + 60-60-00 NPK	25 gr.
3	BACTERIA + MICORRIZA + 60-60-00 NPK	9 gr + 25 gr
4	BACTERIA + MICORRIZA + FURADAN 300 TS +60-60-00 NPK	9 gr + 25 gr + 57 ml
5	FURADAN 300 TS + FERTILIZACIÓN QUÍMICA 90-60-00 NPK (testigo)	57 ml

5.1.3 Establecimiento del experimento.

5.1.3.1 Preparación del terreno

El terreno seleccionado para el presente experimento a evaluar se barbecho con un mes de anterioridad, con el fin de eliminar microorganismos y plagas en estado inmaduro, así como para controlar el desarrollo de malezas. Un día antes de llevar acabo la siembra realizó un paso de rastra y posteriormente el surcado para establecer el cultivo.

5.1.3.2 Fecha y método de siembra

Debido a que el cultivo se estableció bajo condiciones de temporal, la siembra se llevo acabo en la fecha 28 de junio de 2007, después de las primeras lluvias.

El método de plantación fue en surcos 5m de largo por 80 cm de distancia entre estos. La siembra se realizó manualmente depositando la semilla a una profundidad de 2 y 3 cm, sobre el lomo surco. En todos los casos la siembra se realizó con una densidad de 3.5 Kg de semilla por hectárea.

5.1.3.3 Variedad sembrada

La siembra se realizó con semilla de canola certificada, utilizando el híbrido “Hyola 401” (Interestate Seed, Co.)

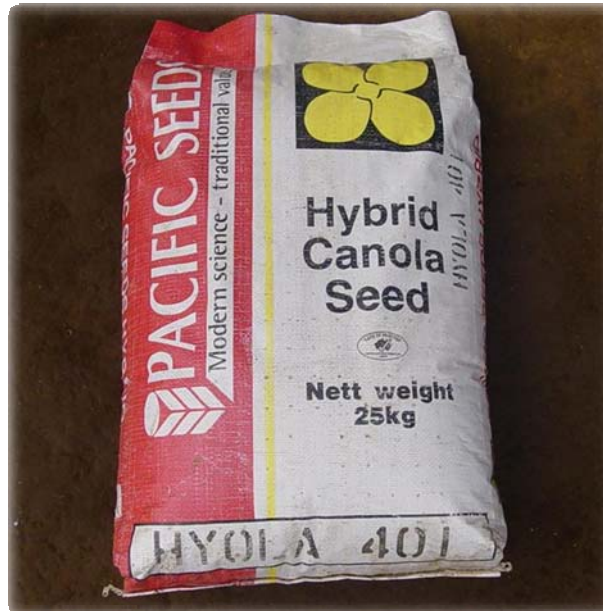


Figura 5. Presentación comercial de la semilla certificada de canola, híbrido HYOLA 401.

5.1.3.4 Fertilización

El fin principal de este trabajo de investigación es probar la eficiencia de dos biofertilizantes, a cada tratamiento se le anexó una aplicación de fertilización química con una formula de 60-60-00 de N-P-K, a excepción del testigo que se empleo fertilización química bajo la siguiente fórmula (90-60-00) de N-P-K.

5.1.3.5 Deshierbes

Dentro del desarrollo del cultivo se efectuó un deshierbe manual para eliminar malezas al durante el crecimiento y una escarda durante el cultivo antes de la floración con el fin de fortalecer la planta y eliminar malas hiervas.

5.1.3.6 Cosecha

Para la cosecha se espero a que la planta tomara un color crema y el grano un color marrón oscuro casi negro, que son las características de madurez. La recolección de cada parcela se efectuó de forma manual, el día 27 de Diciembre de 2007, fecha en la que se evaluó que las plantas de los tratamientos llegaron a su madurez fisiológica. La recolección del grano para el análisis del rendimiento y demás variables, se obtuvo de los dos surcos centrales de cada unidad experimental (8m²).

5.1.4 Rendimientos obtenidos.

De acuerdo a los datos obtenidos en campo, se observa que le tratamiento con el que mayor rendimiento se obtuvo fue el numero 3 (A-M) seguido por el testigo (Cuadro 10), basados en la cantidad de grano logrados en cada una de las repeticiones por tratamiento (unidad experimental).

Cuadro 10. Rendimientos de grano de canola en kg, obtenidos en cada uno de los tratamientos con biofertilizantes en el ciclo P-V 2007. Sevina, Michoacán.

	TRATAMIENTOS				
Repeticiones	AZO	MICO	A-M	A-M-F	Testigo
1	1.4496	1.1628	1.4110	1.2008	1.4824
2	1.3350	1.3140	1.7974	1.1818	1.6530
3	1.5040	1.3770	1.4760	1.1400	1.3536
4	1.3344	1.3668	1.6384	1.1484	1.5680
Media	1.4058	1.3052	1.5807	1.1678	1.5143
Media Kg/ha	1746	1605	1960	1432	1850

5.1.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, teniendo un total de 20 unidades experimentales (UE). La parcela experimental total fue de seis surcos de 30m con una distancia entre surcos de 0.80 m, dando un total de 180m² de los cuales cuatro surcos fueron útiles y los extremos se utilizaron como bordos. Se dividió la parcela total de manera equitativa con lo cual los cada UE le correspondieron cuatro surcos de 5m de largo por 0.80 m de distancia entre surcos dando un total de 16 m².

La parcela útil por cada UE fue tomada de los dos surcos centrales de cada tratamiento (8m²).

Para identificar a cada tratamiento se utilizaros las siguientes siglas

- Bacteria (*Azospirillum brasilense*) (AZO)
- Micorriza (*Glomus intraradices*) (MICO)
- Bacteria + Micorriza (A-M)
- Bacteria + Micorriza + Furadan 300 TS (A-M-F)
- Furadan 300 Ts + Fertilización Química 90-60-00 NPK (TESTIGO)

5.1.6 Método de análisis.

Una vez obtenidos los datos de rendimiento del grano en campo se corrieron los datos en el programa MSTAT (Michigan State University) en el campo experimental del INIFAP Uruapan, Michoacán, con el que se estimaron rendimientos a una hectárea de siembra, posteriormente se procedió a realizar el análisis de varianza (ANVA) de cada una de las variables analizadas, apoyadas en las siguientes pruebas: Prueba de rango múltiple de Duncan, Prueba de comparación múltiple de medias de Tukey y la Prueba de Scheefé al 1%, a fin de identificar cual de los tratamientos evaluados arroja mejores resultados.

5.1.7 Variables analizadas.

De cada unidad experimental se obtuvieron los siguientes datos:

Las variables que se analizaron al final de experimento fue el rendimiento por parcela, medido en peso/área (Kg/8m²), esta superficie representa la parcela útil (surcos centrales), el número de días hasta la floración, número de días hasta la madurez fisiológica, la longitud de la raíz, altura

de plantas, número de silicuas y el numero de granos por silicua de cada unidad experimental.

Al termino del los análisis de campo se realizó una estimación de rentabilidad con datos proporcionados por personal del INIFAP, que se obtuvieron en campo con los productores participantes, sobre costos de producción con fertilización química, comparado con biofertilización.

5.1.8 Análisis de resultados.

Los resultados obtenidos para las variables evaluadas en el presente trabajo de investigación son los siguientes:

Rendimiento de grano.

El análisis de varianza muestra que, para el factor rendimiento del grano existe significancia (Apéndice 1), por lo que se rechaza la hipótesis nula, lo cual nos indica que existen diferencias entre los tratamientos.

Debido a lo anterior se realizó la comparación de medias obteniendo la diferencia mínima significativa (DMS), y aplicando las pruebas de Duncan, Tukey y Scheefé con los niveles de significancia del 1% y 5%. Los resultados obtenidos en estas pruebas, establecen que el tratamiento que muestra mejor resultado incrementando un 4.4% en rendimientos es el numero 3, que fue la combinación de ambos biofertilizantes *Azospirillum brasilense* y la Micorriza *Glomus intraradices* (A-M) con un promedio en el rendimiento de 1.5807 Kg en los 8 m² de la parcela útil.

El tratamiento 3 (A-M), es el único que supera al testigo que arrojó un rendimiento promedio de 1.5143 kg/8m², este segundo se cultivó siguiendo el método convencional de la región y consistió en tratar la

semilla con Furadan 300 TS antes de la siembra y la aplicación de fertilización química a una formula de 90-60-00 (NPK).

Esos datos traspolados a una superficie de una hectárea, muestra un incremento en el tratamiento 3, de 5.9% con respecto al testigo.

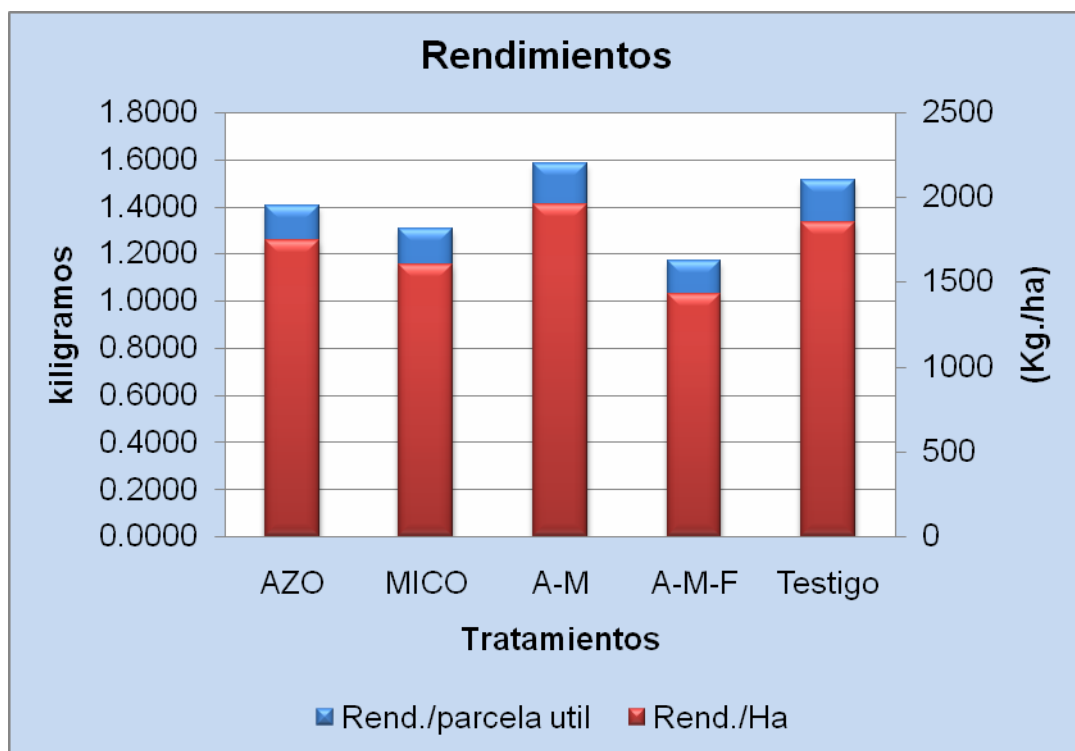


Gráfico 2.- Comportamiento de la variable rendimiento de grano en los distintos tratamientos.

Numero de días hasta el inicio de la floración.

De acuerdo al ANVA para esta variable no muestra diferencia significativa con una DMS = 0.01; sin embargo mediante la comparación de medias con una DMS = 0.05 si muestra diferencia entre tratamientos (Apéndice 2). Se observa que el tratamiento que en menos días presenta floración es el numero 4 (A-M-F) con 47 días, seguido por los tratamientos 1 y 3 con 49 días, el 2 con 50 días y por ultimo el testigo que la presencia de flores se dio hasta los 51 días.

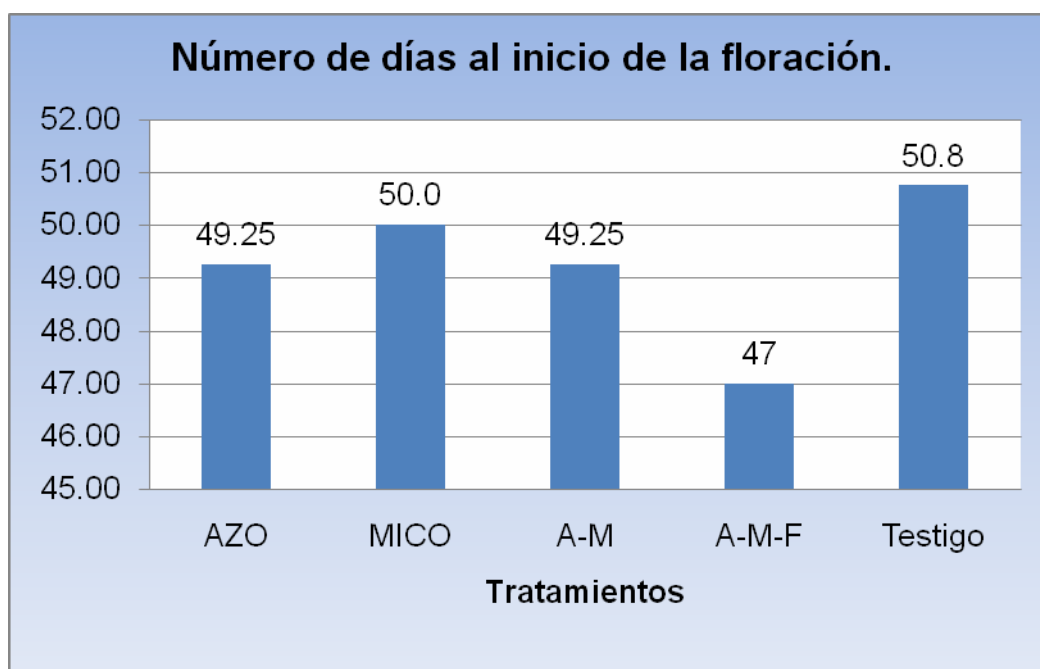


Gráfico 3.- Comportamiento de la variable de número de días hasta el inicio de la floración en los distintos tratamientos.

Número de días hasta la madurez fisiológica.

El ANVA para la variable de número de días que manifiestan los tratamientos hasta llegar a su madurez fisiológica, nos indica que existe diferencia significativa entre tratamientos de acuerdo a la comparación de medias con una DMS al 0.01 y 0.05 (Apéndice 3). El tratamiento que en menor numero de días presento madurez fisiológica del grano fue el # 1(AZO) con 155 días, seguido por el 4 (A-M-F) con 156 días, el 3 con 156.7 días, el 5 con 157 días y por ultimo el tratamiento numero 2 con presencia de madurez fisiológica hasta los 158 días.



Gráfico 4.- Comportamiento de la variable de número de días hasta la madurez fisiológica con la aplicación de los diferentes tratamientos.

Longitud de la raíz.

De acuerdo al análisis de varianza de esta variable mediante la comparación de medias con una diferencia mínima significativa al 0.01 y 0.05, se observó que no existe diferencia entre tratamientos (Apéndice 4), ya que la F calculada resulto menor que la F tabulada ($F_c = 1.12 < F_t = 3.06$ al 5% y 4.89 al 1%) por lo que se acepta la hipótesis nula en esta variable.

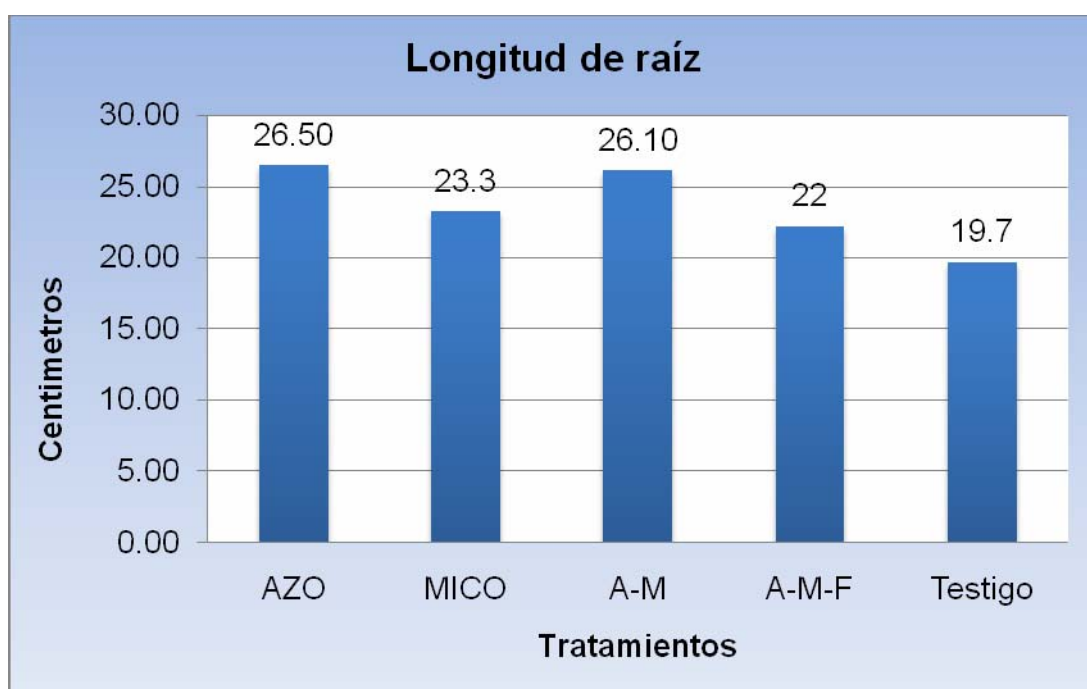


Gráfico 5.- Comportamiento de la variable de longitud de raíz en los diferentes tratamientos.

Altura de plantas.

En cuanto a la variable de altura de plantas se observó que no existe diferencia significativa entre tratamientos, de acuerdo al análisis de varianza (Apéndice 5), en el cual se llevó acabo la comparación de medias con una diferencia mínima significativa de 0.01 y 0.05. ($F_c = 0.60 < F_t = 3.06$ al 5% y 4.89 al 1%)

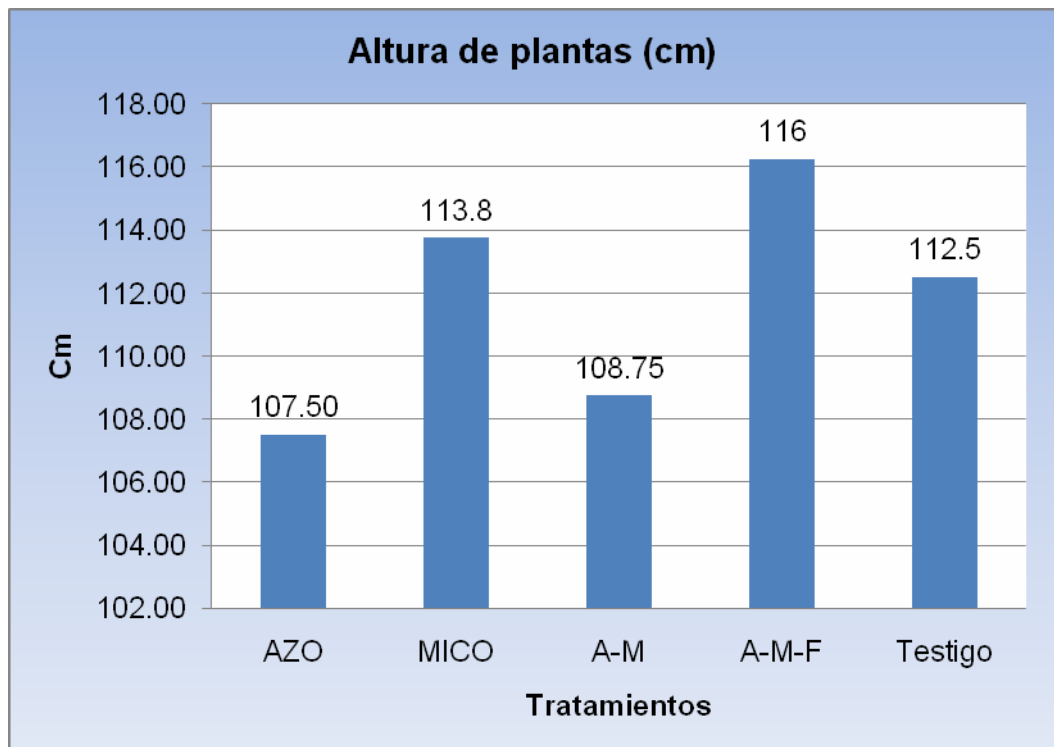


Gráfico 6.- Comportamiento de la variable de altura de plantas en cada uno de los distintos tratamientos.

Número de silicuas.

En el ANVA para la variable de número de silicuas, mediante la comparación de medias con una DMS= 0.01 indicó que no existe diferencia entre tratamientos, sin embargo mediante la comparación utilizando una DMS = 0.05 si muestra diferencia aunque con poca significancia (Apéndice 6), donde el mejor tratamiento encontrado es el numero 4 (A-M-F).

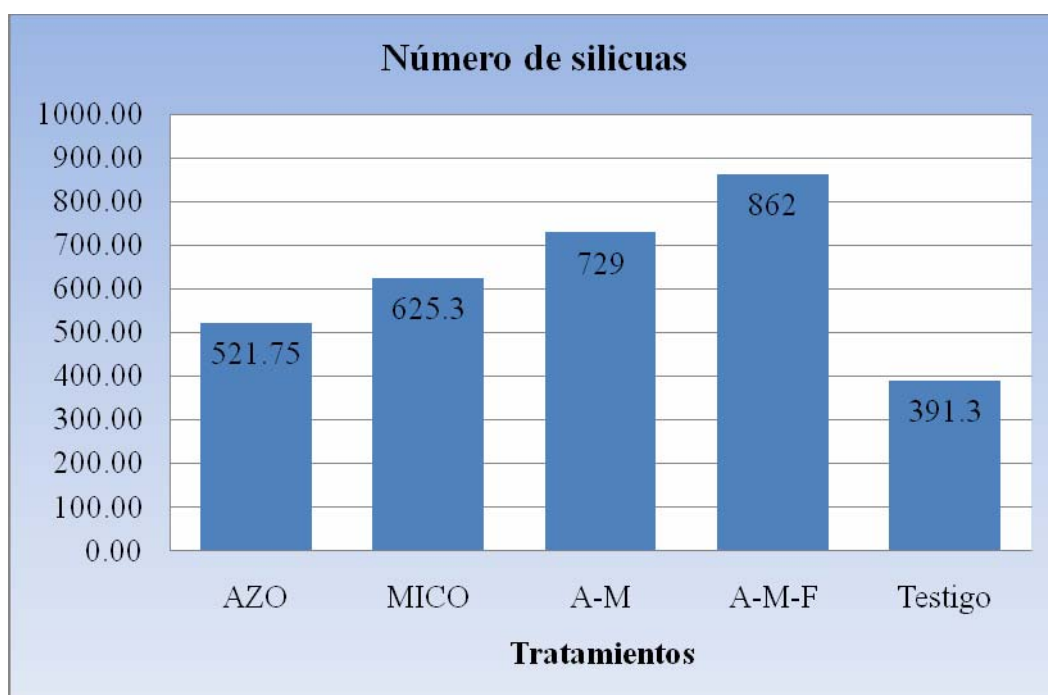


Gráfico 7.- Comportamiento de la variable de número de silicuas en los diferentes tratamientos.

Número de granos por silicua.

El análisis de varianza para la variable de número de granos por silicua, de acuerdo a la comparación de medias con una DMS= 0.01y 0.05 nos indicó que no existe diferencia significativa entre tratamientos, arrojando los siguiente resultados $F_c = 1.40$, $< F_t = 3.06$ y 4.89 al 5 y 1% (Apéndice 7); por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se dice que los tratamientos son estadísticamente iguales.

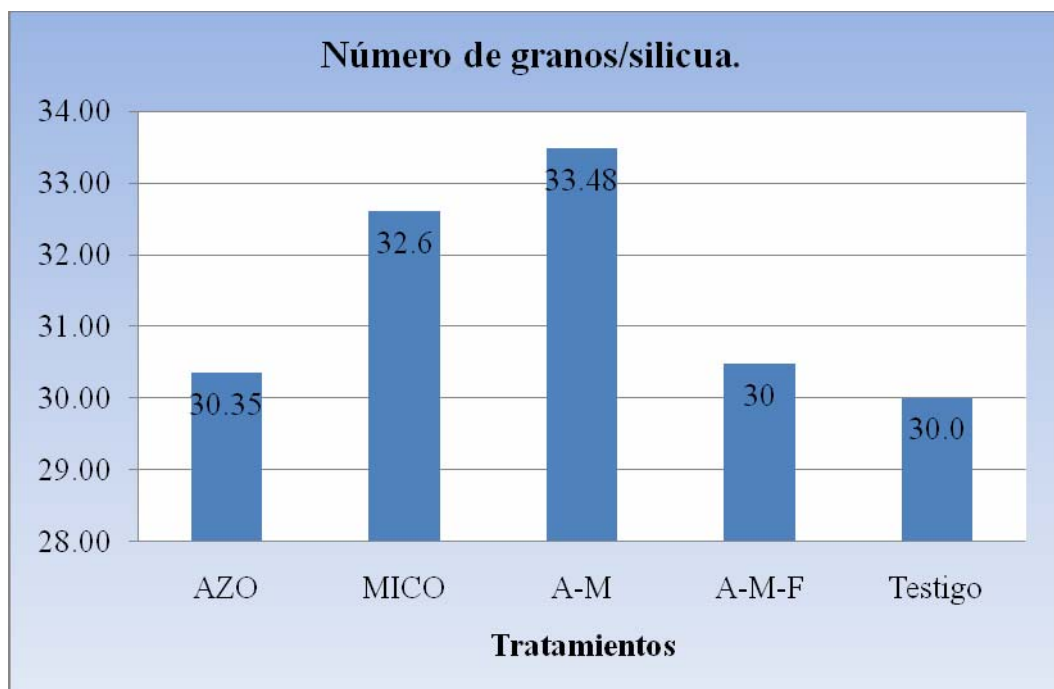


Gráfico 8.- Comportamiento de la variable de número de granos por silicua en cada tratamientos.

Cálculo del margen de utilidad sobre ventas.

Se presenta un resumen de las actividades realizadas y los insumos utilizados durante el ciclo P-V 07 para el cultivo de canola, así como los costos de cada uno de estos en el municipio de Nahuatzen, Michoacán (Apéndice 8 y9), los datos que se manejan fueron proporcionados por personal investigador del INIFAP, obtenidos directamente en campo.

La rentabilidad de este cultivo se refleja en el estado de resultados que nos arroja un margen de utilidad con respecto a las ventas de 49% para la fertilización química y de 56% para el uso de biofertilizantes (Apéndice 11).

A continuación se muestra una comparación del estado de resultados del cultivo de canola utilizando fertilizantes químicos y biofertilizantes, en el ciclo primavera-verano 2007 bajo condiciones de temporal, en la comunidad de Sevina, Nahuatzen, Michoacán. Propietario: Prof. David Martínez.

Cuadro 11. Estado de resultados del cultivo de canola bajo condiciones de temporal, en ciclo P-V07 en Sevina, Nahuatzen, Michoacán.

Cultivo de canola.	Fertilización química		Biofertilización \$	
	(\$)	(%)	(\$)	(%)
Ventas netas =	9,250.00	100	9,800.00	100
(-) Costo de producción	4,522.50	49	4,155.32	42
= Utilidad bruta	4,727.50	51	5,644.68	58
(-) Gastos de operación				
Gastos de venta	185.00	2	196.00	2
= Utilidad del ejercicio	4,542.50	49	5,448.68	56

5.1.9 CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- El efecto que mostró la aplicación de los biofertilizantes *Azospirillum brasilense* y la Micorriza *Glomus intraradices* se vio reflejado en un mejor rendimiento de grano con el tratamiento numero 3 (A-M), donde se asociaron ambos biofertilizantes, el cual fue el único en superar al testigo, mostrando un aumento en el rendimiento del 5.9%. Los demás tratamientos no mostraron diferencia significativa con respecto al testigo.
- Para las variables de numero de días hasta el inicio de la floración no mostró diferencia significativa al 1%, pero al 5% sí lo hizo, donde el tratamiento que menos días manifestó la presencia de flores fue el 4 (A-M-F) con 47 días, el que más días tardó en presentar flores fue el testigo con 59 días. Para el número de días hasta la madurez fisiológica, sí hubo diferencia significativa entre tratamientos mediante el análisis al 1 y 5%. El tratamiento que en menos días llegó a su madurez fisiológica fue el numero 1 (AZO) con 155 días, y el que más numero de días presento fue el tratamiento 2 (MICO) con 158 días.
- Para las demás variables analizadas que fueron: longitud de raíz, altura de plantas, número de silicuas y número de granos por silicua, aunque mostraron alguna diferencia entre algunos tratamientos, esta no es significativa al 1%, por lo que se concluye que los Biofertilizantes no influyen para estos parámetros en el rendimiento de canola; para el la comparación de medias con una DMS= 0.05, la variable “número de silicuas” sí presentó diferencia significativa, mostrando como mejor tratamiento el número 4 (A-M-F), que fue la asociación de ambos biofertilizantes y un tratamiento a la semilla con Furadan 300 TS antes de la siembra.

- Para el análisis de rentabilidad de acuerdo a los datos del estado de resultados nos muestra una diferencia en la utilidad, aumentando el margen de utilidad de un 27% con fertilización química a un 37% con el uso de biofertilizantes, tomando como base el precio de garantía y de 49% a 56% en base al precio pagado al productor en enero de 2008 (Apéndice 10 y 11). Esta diferencia se da por el aumento en el rendimiento del 5.9% y una disminución en los costos de producción enfocado a fertilización. El costo de fertilización con el uso de bioestimulantes en el presente trabajo de investigación fue de \$1,336.82, disminuyó un 17% con respecto al costo de aplicación de fertilización química que fue de \$1,604.00.

5.1.10 RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los análisis realizados en el presente trabajo de investigación y de los resultados obtenidos se dan las siguientes recomendaciones.

- Es factible introducir el cultivo de canola en el período de descanso que se le da a las tierras dentro del sistema “año y vez” en el municipio de Nahuatzen, Michoacán, a fin de aprovechar los suelos y evitar el monocultivo, permitiendo un ingreso mayor a los productores de la región.
- La biofertilización es una alternativa importante en el cultivo de canola, ya que en el presente trabajo se comprobó que con el uso de la bacteria *Azospirillum* y el hongo Micorrizico del género *Glomus*, aplicados de manera conjunta dan como resultado un mayor rendimiento y disminuye considerablemente los costos de producción.
- Es recomendable dar mayor importancia al uso de biofertilizantes no solo en el cultivo de canola, sino también en los que se practican de manera tradicional como son el Maíz, trigo y cebada, por las importantes ventajas de estos con respecto al uso de fertilizantes químicos. La biofertilización es una estrategia importante para mejorar o preservar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos y, por consiguiente, su potencial agro-productivo.

BIBLIOGRAFIA.

- Blaine, M., W.J. Zimmerman, I. Crouch y J. van Staden. 1990. Agronomic uses of seaweed and microalgae. pp. 267-307. In: Akatuska I. Introduction to applied phycology. SPB Academic Publishing BV, The Hague, The Netherlands.
- Caballero-Mellado J 2000 EL GÉNERO *Azospirillum* Programa de Ecología Molecular y Microbiana, Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, UNAM, Ap. P. 565-A, Cuernavaca, Mor., México.
- Canales, L.B. 1999. Enzimas-algas: Posibilidades de uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *TERRA*. 17(3): 271-276.
- Canola Council of Canadá, 2003. Canola growers manual. Canola acouncil of Canadá. Winnipeg Canadá. <http://www.canola-council.org>
- Cepeda V. M. A., B. L. Gómez L., E. Venegas G. y F. Baena J. 2005 b. Tecnología para producir canola de riego en el ciclo otoño-invierno. Desplegable para productores No 17, INIFAP – CENAPROS. Morelia, Mich., México. 22p. lust.
- Crouch, L. y J. Van Staden. 1992. Evidence of the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. Department of Botany, University of Natal, Republic of South África. Ed. Kluwer Academic Publishing. The Netherlands.
- Díaz Franco A. / Ortegón Morales A, 2006. EFECTO DE INOCULACIÓN CON *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* Y FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE CANOLA (*BRASSICA NAPUS*) *Revista Fitotecnia Mexicana*, enero-marzo,

año/vol. 29, número 001 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México 2006 pp. 63-67

Díaz Franco A./ Ortegón Morales A. / Garza Cano I. 2006 BIOFERTILIZACIÓN DEL CÁRTAMO (*CARTHAMUS TINCTORIUS* L.) EN CONDICIONES RESTRINGIDAS DE HUMEDAD EN EL SUELO. *Revista Fitotecnia Mexicana*, abril-junio, año/vol. 29, número 002 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México 2006 pp. 175-180

Emilio Padrón Corral 2003. Diseños experimentales con aplicación a la Agricultura y la Ganadería. Editorial Trillas, México.

Estrada C. J. y Hernández T. M. Regiones Agrícolas de Michoacán. Universidad autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Occidente (CRUCO). Morelia, Mich.

García Olivares J. 2007. EFECTO DE CEPAS DE *AZOSPIRILLUM* BRASILENSE EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE GRANO DEL MAÍZ *Revista Fitotecnia Mexicana*, año/vol. 30, número 003 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México 2007 pp. 305-310

Ibarra H.A. 2007. Programa nacional de producción de oleaginosas. Presentación al Secretario de SAGARPA. Ing. Alberto Cárdenas Jiménez. D.F mayo 9 2007

J. B. E. PATERSON y R. 1970 EDE. SUELOS Y ABONADO EN HORTICULTURA. London Inglaterra. Editorial Acriba.

León Alvarado G. 2005. Efectividad biológica de un Biofertilizante en plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mayo

Martínez Medina J. y Peña del Río.M.A. 2004 EFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE GRANO DE TRIGO BAJO TEMPORAL EN LA REGIÓN CENTRAL DE NUEVO LEÓN Campo Experimental General Terán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, km 31 carretera Montemorelos-China, General Terán.

Martínez V. R. y B. Dibut. 1996. Los Biofertilizantes como pilares básicos de la Agricultura Sostenible. En curso-taller sobre Gestión Medioambiental de desarrollo Rural. La Habana, Pp. 169-173.

Muntañola 1997 GUÍA DE LOS HONGOS MICROSCÓPICOS Ediciones OMEGA. S. A. Barcelona.

Muñoz, G.F. (2004). Gráficas de producción y calidad de canola para forraje. Doc. De trabajo. ICAMEX.

Peña, J.; Grageda, O. 1997. Dinámica del nitrógeno en el ecosistema agrícola, pp. 345-366. En: Ruiz H., J., D. Guzmán P. y J. Peña C. (ed.), Perspectivas de la Microbiología en México. IPN.

Robles, S. R. 1991. Producción de oleaginosas y textiles. Tercera Edición. Limusa, México.

Rodríguez F. P. 1993. ESTRATEGIA A SEGUIR EN EL EMPLEO DE BIOFERTILIZANTES. UDG-Granma-Cuba.

Salinas García J. R. / Díaz Franco A / Garza Cano / Garza Cano 2005. EFECTOS DE LABRANZA Y BIOFERTILIZACIÓN EN PROPIEDADES DEL SUELO QUE AFECTAN A LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE FRÍJOL *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, diciembre, año/vol. 5, número 001

Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos.
Reynosa, México 2005. pp. 30-34

Paginas electrónicas

<http://www.semenceslg.com/produit/furrage/>

<http://www.yvelines.environnement.org/concurs/pdf/inra/colza.pdf>. Lecolza

http://www.biofabrica.com.mx/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=1&Itemid=65

http://www.plantasyhogar.com/jardin/jardines/?pagina=jardin_jardines_013_013

APÉNDICE.

Apéndice 1. Análisis de varianza en rendimientos de grano.

F. V.	G. L	S. C.	C. M.	Fc	F _T	
					5%	1%
Trats	4	0.434	0.1085	8.4607	3.06	4.89*
Error	15	0.192	0.0128			
Total	19	0.627				

Apéndice 2. Análisis de varianza del número de días al inicio de la floración.

F. V.	G. L	S. C.	C. M.	Fc	F _T	
					5%	1%
Trats	4	31.50	7.88	4.50	3.06*	4.89 NS
Error	15	26.25	1.75			
Total	19	57.75				

Apéndice 3. Análisis de varianza de días hasta la madurez fisiológica.

F. V.	G. L	S. C.	C. M.	Fc	F _T	
					5%	1%
Trats	4	19.30	4.82	6.29	3.06*	4.89*
Error	15	11.50	0.77			
Total	19	30.80				

Apéndice 4. Análisis de varianza de longitud de raíz.

F. V.	G. L	S. C.	C. M.	Fc	F _T	
					5%	1%
Trats	4	127.43	31.86	1.12	3.06 NS	4.89 NS
Error	15	427.84	28.52			
Total	19	555.27				

Apéndice 5. Análisis de varianza de la variable altura de plantas.

F. V.	G. L	S. C.	C. M.	Fc	F _T	
					5%	1%
Trats	4	207.50	51.88	0.60	3.06 NS	4.89 NS
Error	15	1306.25	87.08			
Total	19	1513.75				

Apéndice 6. Análisis de varianza del número de silicuas.

F. V.	G. L	S. C.	C. M.	Fc	F _T	
					5%	1%
Trats	4	529124.30	132281.08	4.04	3.06*	4.89 NS
Error	15	490990.25	32732.68			
Total	19	1020114.55				

Apéndice 7. Análisis de varianza del número de granos por silicua.

F. V.	G. L	S. C.	C. M.	Fc	F _T	
					5%	1%
Trats	4	38.65	9.66	1.40	3.06 NS	4.89 NS
Error	15	103.47	6.90			
Total	19	142.11				

Apéndice 8. Costo de producción en canola en el Municipio de Nahuatzen, Michoacán actualizado a Mayo de 2007 por 30% incremento del fertilizante químico.

Costo cultivo canola P.V. 2007. Meseta Purhépecha, Michoacán, actualizado a Mayo de 2007 por 30 % incremento fertilizante.					
Concepto	Unidad	Cantidad/ Ha	Costo Unitario	Costo Total (\$/Ha)	Subtotal (\$/Ha)
<i>Labores mecanizadas</i>					
Barbecho	Ha	0	400.00	0.00	
Rastra	Ha	1	300.00	300.00	
Surcado	Ha	1	300.00	300.00	
Siembra	Ha	1	300.00	300.00	
Escarda	Ha	1	300.00	300.00	
					1200.00
<i>Insumos</i>					
Trat. Semilla (Insecticida)	Lt	0.4	270.00	108.00	
Semilla	Kg	3.5	165.00	577.50	
Urea (90 N)	Kg	195	4.60	897.00	
S.F.Triple.C. (60 P)	Kg	130	3.90	507.00	
Cloruro Potasio	Kg	0	3.56	0.00	

Guanofol (Fert. Foliar)	Lt	1	100.00	100.00	
Insecticida (Pirimor)	Gr	0	200.00	0.00	
					2189.50
<i>Labores Manuales</i>					
Carga Sembradora	Jornal	0.33	100.00	33.00	
Aplic. Urea 2ª. Fertilizada	Jornal	1.0	100.00	100.00	
Aplic. Guanofol (Foliar)	Jornal	0.0	100.00	0.00	
Deshierbe	Jornal	2.0	200.00	400.00	
Aplic. Insecticida	Jornal	0	100.00	0.00	
					533.00
<i>Servicios Contratados</i>					
Cosecha	Ha	1	600.00	600.00	600.00
Costo total de producción				4,522.50	4,522.50
Gastos de venta (transporte)	Ton	1.85	100.00	185.00	185.00
Costo total				4707.50	4707.50

Apéndice 9. Costos durante el periodo del cultivo de canola con el uso de los biofertilizantes, Sevina, Michoacán. P.V. 2007.

Costo cultivo canola P.V. 2007. Meseta Purhépecha, Michoacán, actualizado a Mayo de 2007 por 30 % incremento fertilizante.					
Concepto	Unidad	Cantidad/ Ha	Costo Unitario	Costo Total (\$/Ha)	Subtotal (\$/Ha)
<i>Labores mecanizadas</i>					
Barbecho	Ha	0	400.00	0.00	
Rastra	Ha	1	300.00	300.00	
Surcado	Ha	1	300.00	300.00	

Siembra	Ha	1	300.00	300.00	
Escarda	Ha	1	300.00	300.00	
					1200.00
<i>Insumos</i>					
Trat. Semilla (Insecticida)	Lt	0.4	270.00	108.00	
Semilla	Kg	3.5	165.00	577.50	
Biofertilizantes					
Azospirillum	Gr	63	0.28	17.64	
Glomus	Gr	175	0.081	14.18	
Urea (60 N)	Kg	130	4.60	598.00	
S.F.Triple.C. (60 P)	Kg	130	3.90	507.00	
Guanofol (Fert. Foliar)	Lt	1	100.00	100.00	
Insecticida(Pirimor)	Gr	0	200.00	0.00	
					1922.32
<i>Labores Manuales</i>					
Carga Sembradora	Jornal	0.33	100.00	33.00	
Deshierbe	Jornal	2.0	200.00	400.00	
Aplic. Insecticida	Jornal	0	100.00	0.00	
					433.00
<i>Servicios Contratados</i>					
Cosecha	Ha	1	600.00	600.00	600.00
Costo total de producción.					4,155.32
Gastos de venta (Transporte)	Ton	1.96	100.00	196.00	196.00
Costo total				3294.5	4351.32

Apéndice 10. Resumen de datos para la formulación del Estado de Resultados con el precio de garantía del cultivo de canola. Sevina, Michoacán, P.V. 2007.

CULTIVO DE CANOLA	Fert. química	Biofertilización
Rendimiento (Ton / Ha)	1.850	1.960
Precio (\$/Ton) 2008	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Ingreso por ventas (\$ / Ha)	\$ 6,475.00	\$ 6,860.00
Costo (\$ / Ha)	\$ 4,707.50	\$ 4,351.32
Ingreso neto (\$ / Ha)	\$ 1,767.50	\$ 2,508.68
Margen de utilidad	27%	37%

Apéndice 11. Resumen de datos para la formulación del Estado de Resultados con el precio pagado al productor en enero de 2008.

CULTIVO DE CANOLA	Fert. química	Biofertilización
Rendimiento (Ton / Ha)	1.850	1.960
Precio (\$/Ton) 2008	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Ingreso por ventas (\$ / Ha)	\$ 9,250.00	\$ 9,800.00
Costo (\$ / Ha)	\$ 4,707.50	\$ 4,351.32
Ingreso neto (\$ / Ha)	\$ 4,542.50	\$ 5,448.68
Margen de utilidad	49%	56%

Apéndice 12. La precipitación media anual es de 1080 mm, pero en el 2007, la precipitación fue de 924 mm en el ciclo de la canola.

