UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA

EFECTO DE FERTILIZACIÓN FOLIAR EN CANOLA (*Brassica napus* L.) DE TEMPORAL EN NAHUATZEN, MICHOACÁN.

Por:

VICTORIA DOMINGUEZ LÓPEZ

T E S I S:

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre, 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONOMICAS

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA

POR:

VICTORIA DOMINGUEZ LÓPEZ

Que somete a consideración del honorable jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR

APROBADA

Dr. Gumersindo Álvarez Moreno
PRESIDENTE DEL JURADO

Lic. Carlos Arsenio Livas Hernández
SINODAL

Dra. Blanca Leticia Gómez Lucatero
SINODAL

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

M.A.E Tomas E. Alvarado Martínez
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CIENCIAS SOCIOECONOMICAS

DIV. CS. SOCIOECONOMICAS
COORDINACION

Buenavista Saltillo Coahuila, Octubre de 2011.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Quiero en esta oportunidad agradecer en primer lugar a Dios todo poderoso que me ha conservado con vida, con salud, que me ha guiado y cuidado hasta hoy. Por permitirme estar en el lugar donde estoy con las herramientas necesarias para salir adelante, para poder llegar al final de mi carrera, pero antes de ser un profesionista quiero ser siempre tu hijo, ya que es el mayor privilegio que podemos tener, más valioso que todos los títulos de la tierra.

A Mi Alma Mater por haberme dado la oportunidad de lograr mi formación profesional.

Al Dr. Gumersindo Álvarez Moreno por su tiempo, su apoyo y el ánimo que me brindó durante la realización de este trabajo de investigación. Por ser una gran persona.

Lic. Carlos Arsenio Livas por asesorar, dedicando parte de su tiempo, por su colaboración en la revisión de literatura y sus opiniones y por ser una gran persona.

A la Dra. Blanca Leticia Gómez Lucatero por su paciencia, apoyo y tiempo dedicado para esta investigación y durante mi viaje de estancia, además de su Dirección y Revisión para culminar esta tesis y por ser una gran persona.

Al M.C. Mario Alberto Cepeda Villegas por su gran apoyo y tiempo dedicado durante mi viaje de estancia, por brindarme conocimientos de la información sobre el cultivo de la canola.

Al Departamento de Administración Agropecuaria. Por el apoyo brindado durante toda mi formación académica y profesional.

A mis maestros no solo de la carrera sino de toda la vida, mil gracias porque de alguna manera forman parte de lo que ahora soy.

DEDICATORIAS

A mi Madre **Flavia López Morales** a quien me dio el regalo más grande, la vida Mami, no me equivoco si digo que eres la mejor mama del mundo. Gracias por qué siempre, aunque lejos, has estado a mi lado. Te quiero mucho.

A mis abuelos **Leocadia Morales y Gregorio López** primeramente por ser parte de sus responsabilidades y por ser más que mis abuelos mis padres, de no haber sido por el apoyo amoroso de ustedes, sus estímulos y la valiosa confianza en mi destino, jamás abría llegado a la cima, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir, por eso, con gratitud permanente, emoción y respeto. Hoy les digo: gracias… los amo.

A mi hermano **Bersain Domínguez**, por compartir nuestra niñez juntos, por reír, jugar, estudiar, pelear. Por ser mí hermano y de alguna forma por preocuparte y por saber que tienes a una hermana como yo, por tu gran apoyo que me has brindado te extraño.

A mi tía **Ine López Morales** por creer en mí, gracias por compartir gratos momentos, por ser más que mi tía una madre, por preocuparse por mí, por sus consejos, apoyo moral y económico incondicional que me ha brindado en todo momento de mi vida. Tía eres muy importante en mi vida.

Sarita Por compartir gran parte de nuestras vidas juntas, porque gracias a tu gran apoyo he llegado a realizar una de mis mejores metas. Y por ser más que una tía una hermanita. Te quiero mucho.

A la Familia **Hernández López** por el apoyo moral y económico que desde siempre me brindaron y con el cual he logrado terminar mi carrera profesional, que es para mí la mejor de las herencias. Los adoro.

A **Albert y Ady** por el cariño y su gran apoyo que siempre he recibido de ustedes y con el cual he logrado culminar mí esfuerzo. Los quiero mucho.

A **seyli** por tu cariño y compañerismo desde mi infancia hasta hoy, por tu grato apoyo, por ser como una hermana. Te quiero.

A **Saulo** Por estar cerca de mí, compartiendo las experiencias más importantes tanto en nuestra formación profesional como en nuestra vida personal. Por compartir parte de tu vida conmigo y en su momento por hacerme muy feliz.

A mis Amigos: **Robert** por permitirme entrar en tu vida durante estos casi cuatro años de convivir dentro y fuera del salón de clase, por ser una persona maravillosa y por ser más que mi amigo un hermano que siempre estuvo conmigo, gracias por que en el momento que te necesite ahí estuviste, en los malos y buenos momentos, te quiero mucho. **Pablo** por ser mi primer amigo en la universidad, eres un chico muy especial, por hacerme reír cada momento y por compartir buenos y malos momentos durante estos años, eres un amigo al que recordare siempre. **Hugo** por tu amistad, por tus consejos y por los momentos que pasamos juntos, nunca te olvidare. **Dario** por ser un chico muy

amable, amistoso. **Diego, Fabián y Luis** por ser unos chicos muy amistosos y haber compartido momentos muy agradables, les deseo lo mejor. **Rudix, Sol, Chino, Estela, Betzy, Oda, Mey, Viry, Elizabeth, Cristino, Adelmar, Rafa, Gil, Lurdi, Freddy, Jhovani, Alejandro, Osman, Memo y Cesar**, por haber compartido parte de su tiempo conmigo.

A todas las personas antes mencionadas forman parte muy importante en mi vida que Dios los guarde y proteja siempre.

RESUMEN

La Meseta Purhépecha se encuentra en el estado de Michoacán, entre los paralelos 19º15' y 19º50' de latitud norte y 101º15' y 102º25' de longitud oeste, con una altitud promedio de 2700m. El clima predominante es templado y en algunas áreas es semifrio. Con una temperatura media anual que varía de 11 a 18 ºC y precipitaciones desde 800 a más de 1500mm anuales (DIGETENAL, 1985).

El cultivo de canola fue introducido a dicha región en el 2004, como una opción más para los agricultores. La finalidad de esta investigación fue determinar el efecto de la fertilización foliar sobre la canola de temporal, al disminuir la fertilización química bajo el sistema de labranza reducida, así como determinar su rentabilidad.

En el ciclo primavera-verano 2008, se evaluaron siete tratamientos (Algamino, Ferti Humix Plus, Bioguano, Humikam Plus, Azospirillum, Testigo Regional y Testigo sin aplicar) bajo sistema de labranza de conservación; los fertilizantes foliares se aplicaron en roseta y plena floración, mientras que el biofertilizante se aplicó en Drench cuando el cultivo presentó dos hojas verdaderas. La fertilización química se redujo en 50 % (N), 25 % (P) y 100 % (K) en los tratamientos con fertilizante foliar y biofertilizante. La siembra se realizó con el hibrido Hyola 401. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, las variables estudiadas fueron: densidad de la planta, silicuas por planta, granos por silicuas, peso de mil granos y rendimiento de grano. Se realizó análisis de varianza y se estimó el rango.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas al 0.01 para las variables densidad de la planta, silicuas por planta, granos por silicua y rendimiento de

grano; el peso de mil granos no presentó diferencias significativas Los resultados indicaron que el Algamino, Azospirillum y el Testigo Regional obtuvieron los valores máximos para la densidad de de plantas, número de silicuas por planta y número de granos por planta, respectivamente. En el rendimiento de grano el Testigo Regional mostró el valor más alto con 2,421 kg ha^{-1} y superó con 266, 286, 325, 350 y 695 kg ha^{-1} al Humikam Plus, Bioguano, Azospirillum, Ferti Humix Plus y Algamino, respectivamente.

Los resultados del análisis económico, indicaron que el mayor Ingreso neto fue para el Humikam Plus con $ 8,176.00, con una ganancia del 3 % sobre el Testigo Regional. La relación beneficio-costo indicó que el Humikam Plus, Azospirillum, Bioguano y Ferti Humix Plus mostraron una ganancia de 16, 13, 12 y 11 % sobre el Testigo Regional.

Palabras clave: labranza de conservación, costos, fertilización foliar, costos de producción.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS ..... **ii**

DEDICATORIAS ..... **iv**

RESUMEN **1**

INDICE GENERAL **3**

INDICE DE FIGURAS **6**

INDICE DE CUADROS **7**

I. INTRODUCCION **8**

1.1 Objetivos 12

1.1.1 Objetivo General 12

1.1.2. Objetivos Específicos 12

1.2. Hipótesis 12

II. REVISION DE LITERATURA **13**

2.1. Origen de la canola 13

2.2. Importancia Nacional de la Canola 14

2.3 Producción Nacional de Canola 16

2.4. Usos de la Canola 17

2.4.1. En la alimentación humana 17

2.4.2. En la alimentación animal 18

2.5. Importancia alimenticia del cultivo 19

2.6. Taxonomía 20

2.7. Descripción botánica de acuerdo con Robles (1991) 21

2.8. Fases fenológicas del cultivo 24

2.9. Requerimientos ecológicos 27

2.10. Condiciones edáficas 28

2.11. Fertilización 28

2.11.1. Nitrógeno 30
2.11.2. Fósforo 30
2.11.3. Azufre 30
2.11.4. Importancia del tipo de fertilización 31
2.11.5. Fertilizacion foliar 33
2.11.6. Mecanismo de absorción foliar 33
2.11.7. Factores que influyen en la fertilización foliar 34
2.11.8. Biofertilizantes 36
2.11.9. Importancia de los biofertilizantes 37
2.11.10. Algamino (CONSUSTENTA, 2009) 38
2.11.11. Azospirillum brasilense 41
2.11.12. Guano liquido de murciélago (CONSUSTENTA, 2009) 44
2.11.14. Humikam Plus (CONSUSTENTA, 2009) 47
2.11.15. Labranza de conservación 50
III. MATERIALES Y METODOS 55
3.1. Localización del experimento 55
3.1.1. Clima, suelo y vegetación de la región 55
3.2. Metodología 56
3.2.1. Establecimiento y manejo del ensayo 56
3.2.2. Material genético 58
3.2.3. Tratamientos evaluados 59
3.2.4. Variables estudiadas 60
3.2.5. Diseño experimental 63
3.2.6. Análisis estadístico 63
3.2.7. Costos de producción 65
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 68
4.1. Condiciones climáticas durante el desarrollo fenológico del cultivo 68
4.2. Análisis de varianza 68
4.2.1. Densidad de plantas 70
4.2.2. Silicuas por planta 71
4.2.3. Granos por silicua 73

4.2.4. Peso de mil granos 74
4.2.5. Rendimiento de grano 76
4.3. Análisis económico 77
V. CONCLUSIONES 81
VI. RECOMENDACIONES 82
VII. BIBLIOGRAFIA 83
A N E X O 91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Semillas y frutos oleaginosos importados en México en el 2006 15
Figura 2. Producción Nacional de Canola 2008-2009. 17
Figura 3. Raiz pivotante del cultivo de canola 21
Figura 4. Hojas superiores de la planta de canola 22
Figura 5. Inflorescencia de la planta de canola 22
Figura 6. Flor de la planta de canola 23
Figura 7. Silicua y grano de la planta de canola 23
Figura 8. Presentación del Algamino 41
Figura 9. Presentación de la bacteria Azospirillum brasilense 43
Figura 10. Presentacion del Bioguano 46
Figura 11. Presentacion del Ferti-Humix Plus 47
Figura 12. Presentación del Humikam Plus 49
Figura 13. Barbecho, surcado y siembra del cultivo de canola 56
Figura 14. Segunda fertilización química y escarda realizada en el cultivo de canola. 57
Figura 15. Tratamiento a la semilla de canola con Carbofuran 57
Figura 16. Estados fenológicos de canola en los que se aplicó el fertilizante foliar. En Nahuatzen, Mich. Ciclo PV 2008. 60
Figura 17. Características morfológicas estudiadas en los tratamientos evaluados en canola durante el ciclo PV 2008 en Nahuatzen, Mich. 62
Figura 18. Condiciones climáticas presentes durante el desarrollo fenológico del cultivo de canola en Nahuatzen, Mich. Ciclo PV 2008. 69

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Etapas fenológicas del cultivo de la canola. 26
Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el cultivo de Canola *(Brassica napus L.)* en Nahuatzen, Michoacán, durante el ciclo PV 2008. 59
Cuadro 3. Cuadrados medios, significancias y coeficiente de variación (CV) de las variables de canola estudiadas en Nahuatzen, Michoacán. Ciclo PV 2008. 69
Cuadro 4. Comparación de medias, nivel de significancia, diferencia mínima significativa (DMS) y rango para la densidad de plantas por metro cuadrado cuantificada en los tratamientos evaluados en Nahuatzen, Michoacán durante el ciclo PV 2008. 71
Cuadro 5. Comparación de medias, nivel de significancia, diferencia mínima significativa (DMS) y rango para el número de silicuas por planta cuantificada en los tratamientos evaluados en Nahuatzen, Michoacán durante el ciclo PV 2008. 72
Cuadro 6. Comparación de medias, nivel de significancia, diferencia mínima significativa (DMS) y rango para el número de granos por silicua cuantificada en los tratamientos evaluados en Nahuatzen, Michoacán durante el ciclo PV 2008. 74
Cuadro 7. Promedio general y coeficiente de variación para el peso de mil granos cuantificado en los tratamientos evaluados en Nahuatzen, Michoacán durante el ciclo PV 2008. 75
Cuadro 8. Comparación de medias, nivel de significancia, diferencia mínima significativa (DMS) y rango para el rendimiento de grano cuantificado en los tratamientos evaluados en Nahuatzen, Michoacán durante el ciclo PV 2008. 77
Cuadro 9. Costos de producción del cultivo de canola para cada tratamiento 78
Cuadro 10. Análisis económico por cada tratamiento evaluado en canola de temporal. Nahuatzen, Michoacán, ciclo P.V. 2008 80

I. INTRODUCCION

La Meseta Purhépecha se encuentra en el estado de Michoacán, entre los paralelos 19º15' y 19º50' de latitud norte y 101º15' y 102º25' de longitud oeste, con una altitud promedio de 2700m. Lo conforman los siguientes municipios: Charapan, Cherán, Nahuatzen, Paracho, Erongarícuaro, Quiroga, Tzintzuntzan, Pátzcuaro y parte de los Reyes, Periban, Tancítaro, Nuevo Parangaricutiro, Uruapan, Tingambato, Salvador Escalante, Tangamandapio, Tangancícuaro, Chilchota y Zacapu. El clima predominante es templado y en algunas áreas es semifrio. Con una temperatura media anual que varía de 11 a 18 ºC y precipitaciones desde 800 a más de 1500 mm anuales (DIGETENAL, 1985). La mayoría de los suelos son de textura franco arenosa; presenta alto contenido de humus, mientras que la materia orgánica es de media a muy baja (9.6 a 0.4%). La reacción de (pH) de los suelos es de acidez fuerte a neutra (4.9 a 6.9) y los suelos de acidez moderna (6.3) son los que predominan. La retención de fósforo en el 50% de los suelos es >33%. Los andosoles presentan alta capacidad de retención de fósforo (Shoji *et al*., 1996).

La agricultura constituye la principal actividad económica de los ejidos y comunidades agrarias existentes en la región. El sistema agrícola más importante es: sistema de humedad residual de temporal en tierras planas. Este sistema se practica en ciclos de "año y vez" en el "año" con monocultivo de maíz, sin rotaciones y en el "vez" permanece en descanso (Bocco *et al*., 2000). En esta región utilizan prácticas agrícolas convencionales, lo que ha ocasionado problemas severos de erosión y fuga de nutrientes, dando como resultado suelos con baja fertilidad, lo que es asociado a la inadecuada aplicación de nutrientes,

conlleva a un desarrollo y crecimiento deficiente del cultivo y a un rendimiento de grano bajo, por lo tanto, la agricultura en general es de subsistencia.

En la década de los noventas, la labranza de conservación y el uso de fertilizantes de origen orgánico y biológico, se han promovido como una alternativa viable para contribuir a revertir la degradación de los recursos naturales (Roberts, 2002), así como la introducción de nuevos cultivos como la canola para incrementar la biodiversidad.

Durante el año 2006 el consumo nacional de semillas oleaginosas fue de 5.5 millones de toneladas, de las cuales se produjeron en el país sólo 0.5 millones (9%), por lo que se tuvieron que importar 5 millones de toneladas. Del total de las importaciones de oleaginosas realizadas en el 2006, el 91% (5 millones de toneladas) correspondió a soya y canola; el resto de las importaciones correspondió a otras oleaginosas (Figura 2). Debido a esto, la erogación total de las importaciones de semillas oleaginosas, aceites, grasas y pastas significó una fuga de divisas de 2,423 millones de dólares, lo que coloca a las semillas y productos oleaginosos como uno de los rubros que más afectan la balanza comercial agrícola de México.

En función del potencial que representa la canola tanto para los agricultores como para los industriales y fabricantes de alimentos balanceados, en años recientes el Comité Nacional del Sistema Producto Oleaginosas (CONASIPRO), las dependencias federales y los gobiernos estatales a través de sus Secretarias de Desarrollo Rural o Agropecuario, han impulsado las siembras comerciales de canola, bajo condiciones de temporal y riego, en estados como: Sonora, Tamaulipas, Jalisco, Tlaxcala, Puebla y Michoacán (Castillo, 2008).

El interés en la producción comercial del cultivo de canola (*Brassica napus L.*), iniciado en el 2000, ha aumentado por parte de los productores en varias regiones de México, como una nueva opción con amplio futuro para el país por su adaptabilidad y buen rendimiento. Además, la comercialización de la producción

se encuentra asegurada ya que el incremento en la demanda por el aceite de canola ha hecho que la misma industria aceitera nacional promueva y apoye, a través de contratos, la explotación del cultivo en México (Díaz y Ortegón 2006; Ortegón *et al*., 2006).

La Meseta Purépecha abarca una superficie de 500 mil ha, donde el cultivo principal es el maíz, el cual se siembra bajo el régimen de humedad residual, obteniéndose rendimientos medios de 1.8 t ha^{-1}, 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; la generalidad de los productores agrícolas de esta región practican el sistema de "año y vez" que consiste en sembrar un año el cultivo de maíz bajo el régimen de humedad residual y al siguiente dejar el terreno en descanso, el cual la mayoría de las veces se utiliza para el pastoreo del ganado.

El cultivo de canola, dada sus características de rusticidad con buena adaptación a suelos con pH ácido, ciclo vegetativo de 155 días a cosecha que no interfiere con la preparación del terreno para el cultivo principal que es el maíz, que tiene una buena producción superior a las 2.3 t ha^{-1}, con la comercialización asegurada y pago inmediato, es una alternativa viable para los productores, además de que en la actualidad se maneja bajo el sistema de agricultura bajo contrato.

La dependencia nacional de las importaciones de oleaginosas y la gran cantidad de divisas representa una oportunidad para diversificar la producción en las áreas agrícolas con potencial en México, ya que se estima que para abastecer la demanda interna de canola (cerca de 1.2 millones de toneladas) sería necesario sembrar aproximadamente 600,000 ha, considerando un rendimiento medio de 2.0 t ha^{-1}. (Castillo, 2008).

Actualmente, los agricultores deben ser capaces de producir a bajo costo para mantener una adecuada competitividad y rentabilidad, mejorando al mismo tiempo la protección del ambiente. Los altos rendimientos de cualquier cultivo no solo significan mayores ganancias, sino que son también un claro indicativo de que se

utilizan prácticas de manejo que promueven la sostenibilidad del sistema (Roberts, 2002). Además, la incorporación de nuevas especies a los sistemas de producción, enriquecen los agroecosistemas regionales, proporcionando beneficios al productor y al medio ambiente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Disminuir la fertilización química y complementar los nutrientes con fertilizantes foliares en canola de temporal bajo labranza reducida en la Meseta Purhépecha.

1.1.2. Objetivos Específicos

Determinar la respuesta de la canola a los fertilizantes foliares orgánicos o biológicos como complemento de la fertilización química.

Disminuir la fertilización química con el uso de fertilizantes foliares, sin afectar la producción.

Disminuir los costos de producción e incrementar la rentabilidad del cultivo al reducir los fertilizantes químicos

1.2. Hipótesis

La fertilización foliar incrementa la producción y rentabilidad del cultivo de canola de temporal bajo labranza reducida.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Origen de la canola

La colza es una planta cultivada desde tiempos muy remotos, diferentes autores aseguran que la colza es originaria del Este y Sureste de Asia, otros mencionan como centro de origen el Mediterráneo y Asia menor, sin embargo, consideran como probables centros primarios, a Francia, Dinamarca y España. A pesar de la diversidad de opiniones en cuanto al centro de origen de este cultivo, la más aceptada es la primera (Robles, 1991).

Es una especie de oleaginosa que figura entre los primeros cultivos aprovechados por el hombre, fue conocida por los griegos y romanos que la utilizaron ampliamente en su alimentación, hay evidencias de su uso en la India varios siglos antes de Cristo, en China y Japón desde el comienzo de la era cristiana. Europa y Asia fueron durante muchos años los principales productores de aceite de colza con fines industriales. Durante la segunda guerra mundial el bloqueo impuesto a esos lugares hizo que Canadá introdujera y desarrollara el cultivo con la finalidad de obtener aceites lubricantes. Las primeras semillas llevadas a Canadá provenían de Argentina y de Polonia. (Iriarte, 2007).

A partir de la década de los 70^{s}, el cultivo de canola tuvo a nivel mundial un gran auge, convirtiéndose en una de las principales oleaginosas en algunos países como Canadá, Francia, China, Australia, India, entre otros. Su desarrollo, se produjo a partir de la mejora genética en sus semillas, que permitieron aumentar la calidad del aceite y bajar los niveles de toxicidad de la harina. (Triccó, 2007). Fue desarrollada en Canadá a partir de la colza, mejorando sus cualidades nutritivas.

La canola es una variante dentro de las especies *Brassica napus y B. rapa*, conocidas comúnmente como colza, mostaza o nabo aceitero, la cual fue mejorada genéticamente para reducir el contenido de ácido erúcico en el aceite y de glucosinolatos en la pasta, para ser aprovechada en la alimentación humana y animal. En 1978, la Industria Canadiense del Nabo, adoptó el nombre de “Canola” (Canadian Oil Low Acid), que se define como un aceite que debe contener menos del dos por ciento de ácido erúcico y la pasta menos de 30 micromoles de glucosinolatos por gramo de pasta (Castillo, 2008).

2.2. Importancia Nacional de la Canola

En México, este cultivo a través del tiempo se ha considerado como una maleza y su aportación al país es insignificante, a pesar de la demanda industrial que es de 800 mil toneladas anuales. La canola inicio a sembrarse a inicios de los noventas, pero a finales de esta década desapareció, retomándose en el 2001, con una expansión notablemente en siembras comerciales de canola bajo condiciones de temporal y riego (CONASIPRO, 2008).

Durante el año 2006 el consumo nacional de semillas oleaginosas fue de 5.5 millones de toneladas, de las cuales se produjeron en el país sólo 0.5 millones (9%), por lo que se tuvieron que importar 5 millones de toneladas. Del total de las importaciones de oleaginosas realizadas en el 2006, el 91% (5 millones de toneladas) correspondió a soya y canola; el resto de las importaciones correspondió a otras oleaginosas (Figura 1). De esta última oleaginosa se importaron 1.2 millones de toneladas, lo que indica el tamaño de la demanda del mercado interno actual para este producto y una gran oportunidad para fomentar su producción. Debido a esto, la erogación total de las importaciones de semillas oleaginosas, aceites, grasas y pastas significó una fuga de divisas de 2,423 millones de dólares, lo que coloca a las semillas y productos oleaginosos como uno de los rubros que más afectan la balanza comercial agrícola de México

(CONASIPRO, 2008). Para abastecer la demanda interna de canola sería necesario sembrar aproximadamente 600,000 ha considerando un rendimiento medio de 2.0 t ha^{-1} (Castillo, 2008).

Este cultivo ha tenido un gran auge, convirtiéndose en una de las principales oleaginosas de ciclo corto (4-5 meses) además, resulta ser una excelente alternativa para áreas de reconversión de cultivos y la agricultura por contrato que esta promueve. Cabe mencionar que el cultivo de canola reduce riesgos para el productor comparado con el de maíz y trigo, demanda bajos costos de producción, entre los que destacan los mínimos niveles de agua que requiere el cultivo para su desarrollo. Además, resulta ser un buen antecesor de cultivos de segunda; convirtiéndose en una alternativa de diversificación interesante durante el invierno", ya que se adecua muy bien con las rotaciones de cultivos propuestas, debido a que permite una liberación temprana de los lotes para que estos sean aprovechados por otros cultivos (Díaz y Ortegón, 2006; González y Ortegón 2006).

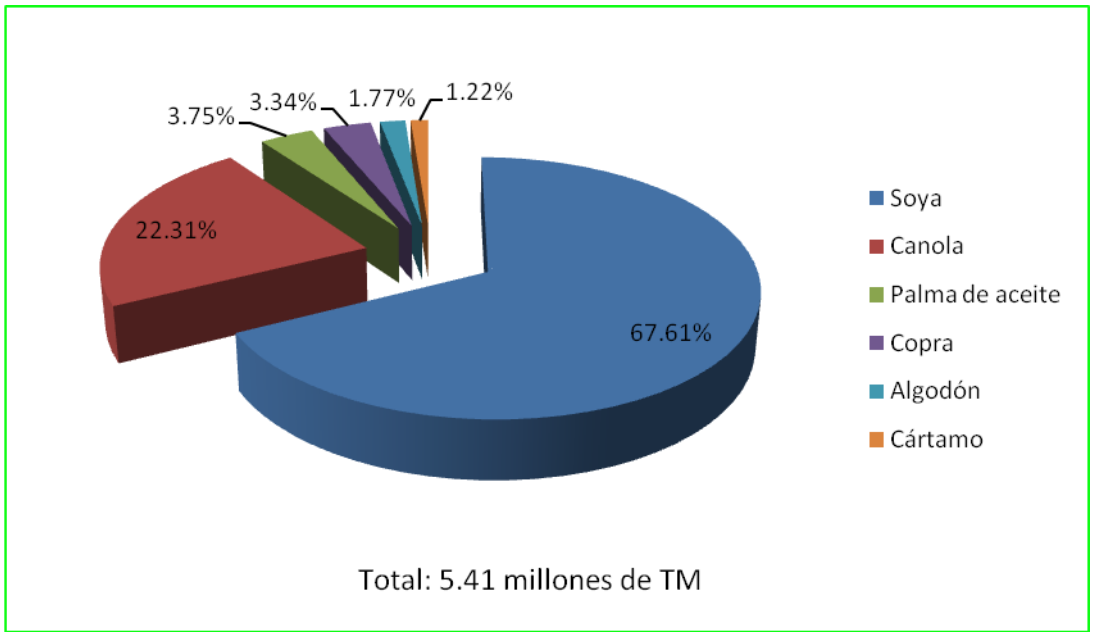


Figura 1. **Semillas y frutos oleaginosos importados en México en el 2006**

En función del potencial que representa la canola tanto para los agricultores como para los industriales y fabricantes de alimentos balanceados, en años recientes el Comité Nacional del Sistema Producto Oleaginosas (CONASIPRO), las dependencias federales y los gobiernos estatales a través de sus Secretarias de Desarrollo Rural o Agropecuario, han impulsado las siembras comerciales de canola, bajo condiciones de temporal y riego, en estados como: Sonora, Tamaulipas, Jalisco, Tlaxcala, Puebla y Michoacán (Castillo, 2008).

2.3 Producción Nacional de Canola

El SIAP (2009), reporta que los principales Estados productores de canola durante los años 2008 y 2009 fueron: el Estado de México ocupando el primer lugar con una producción de 4,147.25 ton., aportando el 58.86% de la producción en el país, como segundo productor de esta oleaginosa destaca el Estado de Tlaxcala con 1,339.52 ton., con una aportación del 19.01% de la producción nacional, Tamaulipas ocupa el tercer lugar en la producción de canola con 802.74 ton., contribuyendo con el 11.39% de la producción nacional, cabe señalar que el Estado de Michoacán ocupa el séptimo lugar en cuanto a la producción de canola con 47.30 toneladas y, el resto de la producción nacional lo aportan otros Estados en menor cantidad (Figura 2).

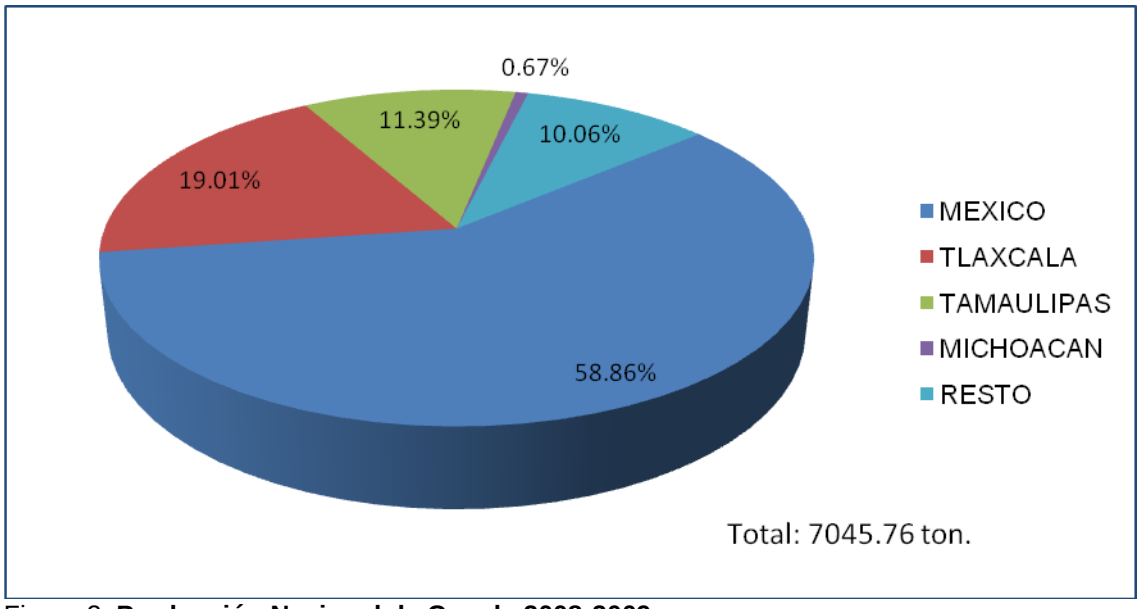


Figura 2. **Producción Nacional de Canola 2008-2009.**

2.4. Usos de la Canola

Este cultivo, tiene diversos usos, de acuerdo a las características de sus productos y subproductos, los cuales son descritos por Aguilar (2007) de la siguiente manera:

2.4.1. En la alimentación humana

a) Este cultivo, por su alto contenido de aceite en el grano (40-44%), se usa principalmente para la obtención de aceite comestible mediante procesos de trituración y de extracción. La canola produce uno de los mejores aceites vegetales en términos de calidad para la nutrición y la salud humana. La calidad está determinada por un equilibrio de sus componentes: contiene casi el 50% menos de ácidos grasos saturados que el aceite de oliva, girasol y maíz; con 61% de ácidos grasos monoinsaturados (ácido oléico = omega 9) y cerca de 32% de ácidos grasos poliinsaturados, de los cuales el 21% es de ácido linoléico (omega 6) y 11 % de ácido Alfa-linolénico (omega 3); además contiene un 20 % de vitamina E.

b) Hortaliza “Corazones”: 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.

c) Canola Melífera (nectarífera): su floración es 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 2400 msnm en valles altos de México y durante todo el año si se programan siembras de invierno en altitudes de 2000 a 2200 msnm en áreas cercanas a valles altos. Los cuatro nectarios de la flor de canola secretan de 0.2 a 2.0 mg por día de néctar que contiene de 40 a 60% de azúcares, por lo que es una de las plantas nectaríferas y poliníferas más importantes y con mayor potencial para incrementar la producción de miel en los Valles Altos de México, haciendo más rentables y sostenibles los sistemas de producción actuales.

2.4.2. En la alimentación animal

a) Canola forrajera: es una planta de ciclo corto (2.5-3.0 meses), capaz de abastecer de grandes producciones en etapas críticas. Las variedades resistentes al frío pueden ser sembradas en otoño para producir forraje a fines de invierno. Su uso más frecuente es en pastoreo controlado mediante cerco eléctrico, aunque también se puede cortar para silo, o suministrar como forraje verde.

b) Vaina para pájaros. La canola se comercializa 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.

d) Pasta de canola. La pasta o torta de canola es el producto obtenido del grano de canola, después de haberle extraído el aceite. Contiene cerca de 34% de proteína y 15% de fibra cruda, el cual se utiliza para la elaboración de alimentos balanceados para el ganado bovino, porcino y aves.

e) Rastrojo de canola. La canola se puede emplear después de la cosecha del grano para alimentación del ganado, 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.

2.5. Importancia alimenticia del cultivo

En los países desarrollados del Hemisferio Norte, la mayoría de los habitantes con buen poder adquisitivo, realizan un continuo esfuerzo para balancear una dieta alimenticia sana y de alto nivel nutritivo. Es por ello, que el aceite de canola, es uno de los más apreciados y demandado por su excelente calidad, debido a la baja proporción de ácidos saturados y la alta concentración de ácidos grasos monoinsaturados (61%). Este aceite, junto con el de oliva, es considerado como uno de los mejores para la alimentación humana, por su contribución a la baja formación de colesterol en la sangre, disminuyendo por consiguiente, los riesgos de enfermedades de origen cardiovascular. (Triccó, 2007).

El valor proteico y vitamínico es superior al del girasol y muy similar al de la soya, perfectamente asimilable por el ganado. Para el estándar europeo del biodiesel, el cultivo más destacable es la canola, o en caso contrario aquellos que posean un alto porcentaje de ácido oleico, similar al de un aceite de oliva o de un girasol (INTA, 2008).

2.6. Taxonomía

La canola *Brassica napus* L. es una planta herbácea ramificada, anual, oleaginosas, rustica, que pertenece a la familia *cruciferae,* en la cual se incluyen varias plantas hortícolas como el repollo, col, coliflor, y mostaza o nabo aceitero; La canola es una variante dentro de las especies *Brassica napus* y *B. rapa*, conocida comúnmente como colza. Otras especies del mismo género son *B. Campestris* y *B. Oleracea*, (Cordo *et al*., 2004; Pastrana, 2004). La canola se clasifica en la siguiente forma taxonómica:

División: Embriofita siphonogama

Subdivisión: angiospermae

Clase: Dicotiledónea

Orden: Cappareles

Familia: Cruciferae (Brassicaceae)

Género: *Brassica*

Especie: *napus*

Variedad: *Oleifera*

Nombre común: Canola o colza “00”

2.7. Descripción botánica de acuerdo con Robles (1991)

Describió las características morfológicas de la planta anual de canola de la siguiente manera:

Raíz: pivotante engrosada en la parte basal y delgada en la parte apical con numerosos pelillos radiculares (Figura 3).



Figura 3. Raíz pivotante del cultivo de canola

Tallo: erecto simple y ramificado, de 0.5 a 1.50 m de altura, según las variedades y regiones agrícolas, de consistencia herbácea (Figura 4).

Hojas: son ásperas al tacto, las superiores son oblongo-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 (Figura 4).



Figura 4. Hojas superiores de la planta de canola

Inflorescencia: racimo terminal de 10-30 cm de largo (Figura 5)



Figura 5. Inflorescencia de la planta de canola

Flores: son de color amarillo, hermafroditas, actinomorfas, y se encuentran dispuestas en una inflorescencia racimosa, son pediceladas y su perianto se diferencia perfectamente en cáliz, y corola de 4 sépalos y 4 pétalos característicos de las crucíferas. La flor es completa y perfecta. El androceo está constituido por 6 estambres tetradínamos, las anteras tienen dehiscencia longitudinal. La polinización de esta planta es cruzada, el ovario es supero, bilocular y bicarpelar, dividido por un falso tabique que separa los 2 carpelos (Figura 6).



Figura 6. Flor de la planta de canola

Fruto: es una silicua de 3.0 a 4.0 mm de ancho y de 6.0 a 7.0 cm de largo, cada fruto contiene de de 10 a 20 semillas, de color amarillo claro, negro o parduzco, ovaladas o ligeramente esféricas (Figura 7).

Semillas: las semillas son esféricas de 2.0 a 2.5 mm de diámetro dependiendo de la variedad (Figura 7), está 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 el 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.



Figura 7. Silicua y grano de la planta de canola

2.8. Fases fenológicas del cultivo

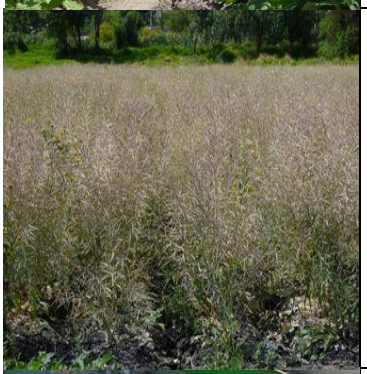
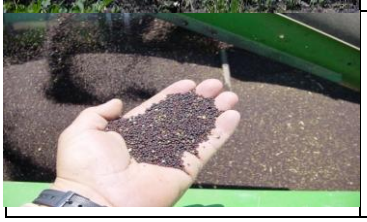
Conocer la fenología del cultivo es el primer paso para ajustar la adaptabilidad genotípica, ya que permite identificar las etapas por las que transcurre el crecimiento y desarrollo, el cual depende de los factores del ambiente que lo modulan. Existe una importante variabilidad en la duración de las distintas etapas, lo que obedece a la respuesta al ambiente, asociada principalmente a distintos requerimientos de horas de frío (invernales vs. primaverales). El cultivo de canola presenta su crecimiento en tres periodos muy notables que son el vegetativo, el reproductivo y por último el de maduración. En cada periodo se presentan estados fonológicos que son muy específicos para la identificación puntual de las fases de desarrollo del cultivo (Herrell *et al*., 1998).

En el periodo vegetativo comprende las etapas siguientes: germinación, desarrollo de hojas y crecimiento del tallo; mientras que el periodo reproductivo, empieza cuando aparecer el órgano floral y se realiza la floración, este periodo inicia a los 55 días después de la siembra y concluye a los 90 días; finalmente, el periodo de maduración se presenta de los 90 hasta los 150 días después de la siembra y abarca la formación y maduración de los frutos.

El conocimiento adecuado de los estados fenológicos del cultivo de canola, servirá en la planificación de las prácticas más adecuadas para incrementar la fotosíntesis de la planta y con ello su crecimiento; además, permitirá la acción sobre problemas potenciales que se presenten durante el desarrollo del cultivo. En el manejo de la producción de los cultivos es esencial el análisis con precisión de los factores involucrados, ya que algunos de ellos pueden afectan de forma puntual ciertos estados fenológicos de crecimiento y esto se reflejará de forma severa en una disminución del rendimiento de grano; de tal forma, que un análisis exacto, permitirá la modificación y aplicación de prácticas exitosas, que repercutan en un manejo adecuado del cultivo y con ello incrementar la producción y productividad del cultivo (Thomas, 2003).

En el Cuadro 1 se presenta una descripción de las fases fenológicas del cultivo de canola de acuerdo con Sagaón (2008). El ciclo de vida de la canola es en promedio de 130 días (Castillo, 2008); bajo condiciones de clima y humedad que se presenta en la Meseta Purhépecha, el híbrido Hyola 401 presenta un ciclo vegetativo de entre 145 a 150 días (Cepeda *et al*, 2005).

Cuadro 1. Etapas fenológicas del cultivo de la canola.

	**a) Plántula.** Comienza con la emergencia de los cotiledones y finaliza cuando se forma el primer par de hojas.
	**b) 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.
	**c) 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).
	**d) 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).
	**e) Formación de silicuas.** Se desarrolla al igual que la floración, de la parte inferior a la parte alta, hasta la formación de todas estas.
	**f) 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.)
	**g) Semilla.** La semilla es de color negro o parduzco, ovaladas y ligeramente esféricas; tienen un diámetro de 2.0 a 2.5 mm dependiendo de la variedad.

2.9. Requerimientos ecológicos

Altitud y latitud: la canola generalmente se cultiva en regiones que van de 0-3000 msnm, en regiones frías, asimismo está adaptado a altas latitudes de 50° Norte-Sur (Robles, 1991).

Temperatura: en cuanto a las condiciones climáticas requiere de clima templado o frio el mejor desarrollo ocurre entre los 12 y 30 ºC, con un óptimo de 21 ºC y una temperatura mínima o punto crítico de 5 ºC, a la cual se detiene el desarrollo. De la emergencia hasta la floración se requieren temperaturas frescas. El rango de temperatura óptimo para el mayor desarrollo de área foliar se ha estimado de 13 a 22 ºC (media de 17 ºC). La canola presenta tolerancia a bajas temperaturas y granizo sobre todo durante en la fase vegetativa del cultivo e inclusive en floración, sin embargo, puede ser afectada durante la etapa de llenado de grano (Castillo, 2008).

Humedad: la canola tiene los mayores rendimientos cuando se mantiene el suelo a un mínimo de 50 % de humedad aprovechable en la zona radical del cultivo, lo cual se logra con una lámina de 45 a 55 cm, aunque esta puede ser menor (32 a 35 cm) en suelos de mayor capacidad de retención de humedad (Castillo, 2008).

Robles (1991) menciona que con respecto a la humedad, la canola requiere durante su desarrollo vegetativo una buena y bien repartida precipitación o de lo contrario se necesitará darle riegos de auxilio. Una precipitación mínima aceptable, durante todo su ciclo será de 500 mm.

2.10. Condiciones edáficas

Es un cultivo que tiene un rango amplio de adaptación de suelos, es una especie de las que se considera "rusticas" en su manejo agronómico, y está provista de un tipo de raíz profunda y pivotante, por lo que responde positivamente a la labranza en terrenos arcillosos; así mismo, esta especie puede producir bien, cuando se le somete a los sistemas de labranza mínima, reducida, o de conservación. No obstante, el mejor desarrollo se presenta en suelos profundos (0.90-1.50 m), con buen drenaje y de textura franca. Diferentes autores citan que la canola se adapta bien en suelos de textura migajón-arenoso, franco-limoso o arcillosa y que además requiere una profundidad de suelo de 0.90 a 1.50 m y con un buen drenaje; sin embargo la canola se puede cultivar en suelos pobres o muy arenosos, siempre y cuando se haga una fertilización adecuada. Es medianamente tolerante a la salinidad y presenta un rango de adaptación a suelos con diferentes pH, teniendo un límite mínimo de 5.5 y un máximo de 8.3, con un óptimo de 6.0 a 7.5 (Canola Council of Canadá, 2010).

2.11. Fertilización

La fertilización es una práctica que ha recibido poca atención, principalmente porque es un producto con bajo margen de ganancia para los productores; además, su adquisición se limita por los altos costos y esto trae como consecuencia aplicaciones de dosis inadecuadas; lo que implica menor rendimiento y menor ganancia (Olarte-Ortiz *et al*., 2000*)*. Los suelos en la Meseta Purhépecha son andosoles, con pH ácido y su principal limitante química, es la capacidad para fijar el fósforo en la superficie de los minerales amorfos. La fracción de humus forma fácilmente complejos con metales como el aluminio; además, el carbono atrapado en estos complejos es inactivo y deja de ser parte del carbono (C) activo de la fracción orgánica. Aunado a lo anterior, el uso agrícola del suelo ha provocado el desequilibrio de nutrientes contenidos en el suelo, dado

que una parte significativa es removida por la producción de grano, el desarrollo vegetativo del cultivo y la maleza; mientras que otra parte se pierde por lixiviación y erosión eólica e hídrica (Espinoza, 2004).

Por lo antes expuesto, es importante que se maneje una fertilización balanceada en los cultivos, ya que se incrementa la eficiencia del uso de nutrientes y se disminuye la probabilidad de que estos se pierdan en el ambiente por lixiviación o escorrentía superficial; también, afecta positivamente la eficiencia del uso del agua, debido a que un cultivo bien nutrido produce un sistema radicular extenso y saludable que es capaz de extraer agua y nutrientes de forma más eficiente que un cultivo privado de nutrientes. El calentamiento global es otro factor ambiental que puede ser influenciado positivamente con la fertilización; debido a que los suelos agrícolas pueden actuar como un significativo sumidero de C. El incremento de los contenidos de carbono orgánico en el suelo, puede ayudar a mitigar el efecto invernadero causado en parte por el enriquecimiento de la atmósfera con dióxido de carbono (Maringa *et al*., 2000).

La demanda de un nutrimento por un cultivo está dada por su producción de biomasa y la concentración del nutrimento en la planta. El requerimiento interno es independiente del rendimiento potencial que se alcanza en distintas condiciones del suelo y clima, siempre que no existan limitaciones de manejo (Obrador, 1994). La eficiencia nutrimental se ha definido como la capacidad de una planta para producir la mayor cantidad de biomasa seca por unidad de nutrimento suministrado (Solórzano, 2003; Rengel, 2002).

En el cultivo de la canola es importante mantener un buen equilibrio entre los elementos nitrógeno, fosforo y azufre en el suelo.

2.11.1. Nitrógeno

En general, se recomienda una dosis entre 90 y 120 kilogramos por hectárea, dependiendo del tipo de suelo, el nivel nutrimental del mismo, tiempo de descanso, cultivo anterior, el manejo agronómico y del ciclo del cultivar utilizando. La dosis de nitrógeno, fuente, época y el método de aplicación, son factores que influyen en la eficiencia de este elemento. Por lo general, la aplicación "en banda" es mejor que la aplicación total, aún más si se realiza en forma fraccionada y dirigida es mucho mejor que la aplicación "al voleo" (Muñoz *et al,* 2000).

2.11.2. Fósforo

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 de una buena medida de la presencia de este elemento (Muñoz *et al,* 2000).

2.11.3. Azufre

Numerosos trabajos de investigación, han reportado que la canola responde a las adiciones de azufre, sobre todo en las regiones productoras de los estados al sur de Canadá, donde se han detectado deficiencias del elemento en los suelos, lo que se refleja, en el desarrollo normal de la canola, y en el rendimiento. Se sugiere fertilizar con productos que suministren azufre, como lo son el sulfato de amonio como fuente principal de nitrógeno y el ácido sulfúrico como mejorador de suelos, según sea el caso (Muñoz *et al,* 2000).

2.11.4. Importancia del tipo de fertilización

La fertilización química, es la que el productor generalmente maneja para suministrar alimento a los cultivos, pero existen limitaciones químicas, físicas y biológicas que pueden interferir en la disponibilidad de dichos nutrimentos en el suelo; bajo estas condiciones, la fertilización foliar es útil. Romheld y El-Fouly (2002), mencionan que es importante señalar que la fertilización foliar debe ser considerada únicamente como una aplicación suplementaria durante las etapas criticas de crecimiento de la planta y durante etapas con malas condiciones ambientales; ya que la utilización de nutrientes aplicados al follaje también tienen limitaciones, por ejemplo, en el caso de los nutrientes requeridos en dosis altas como nitrógeno (N) y potasio (K) o en el caso de nutrientes de baja movilidad en el floema como calcio (Ca), boro (B) y manganeso (Mn).

En la Desde la década de los noventas, la labranza de conservación y el uso de fertilizantes de origen orgánico y biológico, se han promovido como una alternativa viable para contribuir a revertir la degradación de los recursos naturales (Roberts, 2002), así como la introducción de nuevos cultivos como la canola para incrementar la biodiversidad. Dichas acciones agrícolas se lograrán logran con un manejo apropiado de suelos, cultivo, nutrimentos, humedad y biomasa microbiana, tendientes a fomentar el desarrollo de una agricultura sostenible en la región (Bocco *et al*., 2000). Los altos rendimientos de cualquier cultivo no sólo significan mayores ganancias, sino que son también un claro indicativo de que se utilizan prácticas de manejo que promueven la sostenibilidad del sistema y que son amigables con el ambiente (Roberts, 2002).

La fertilización foliar se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, por que corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y calidad del producto. Para lograr eficiencia con la aplicación foliar, es muy importante conocer el desarrollo fenológico del cultivo, para proporciona el nutriente en la etapa

fenológica requerida y aplicarlo en la zona de demanda (hojas), para que la absorción y translocación de estos, llegue de forma inmediata a los lugares de la planta requeridos (Gómez, 2003).

A partir de 1950, cuando se empezaron a utilizar radioisótopos en la agricultura, mejores técnicas de laboratorio y aparatos para el rastreo y análisis de nutrimentos del tejido vegetal, se lograron avances más claros sobre la efectividad de la fertilización foliar (Pérez, 1988). En las últimas décadas, los trabajos de investigación han demostrado la bondad de esta práctica cuyo uso es común hoy en día (Trinidad *et al*., 1971; Chonay, 1981; Cardona, 1988; Pérez, 1988).
Actualmente se sabe que la fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el incremento de los rendimientos de las cosechas, y que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante este tipo de fertilización (Fregoni, 1986).

La aplicación de nutrimentos a través del suelo está afectados por muchos factores de diferentes tipos: origen del suelo, características físicas, químicas y biológicas, humedad, plagas y enfermedades (Trinidad y Aguilar, 1999). Por esta razón, existen casos en los cuales la fertilización foliar para ciertos elementos será más ventajosa y eficiente, que la fertilización al suelo, y casos en los cuales no será recomendable.

La hoja es el órgano de la planta más importante para el aprovechamiento de los nutrimentos aplicados por aspersión (Tisdale *et al*., 1985); sin embargo, parece ser, que un nutrimento también puede penetrar a través del tallo, si este no presenta una suberizacion o lignificación muy fuerte; tal es el caso de las ramas jóvenes o el tallo de las plantas en las primeras etapas de desarrollo.

En resumen, la fertilización foliar, debe utilizarse como una práctica especial para complementar requerimientos nutricionales o corregir deficiencias de aquellos

nutrimentos que no existen o no se pueden aprovechar eficientemente mediante la fertilización al suelo.

2.11.5. Fertilizacion foliar

Los principales objetivos son: 1) Corregir en forma rápida deficiencias nutrimentales que en un momento dado se presentan en el desarrollo de la planta, y que no se logran cubrir con la fertilización química al suelo; 2) Superar la falta de habilidad de las raíces para absorber los nutrientes necesarios para su normal crecimiento; 3) Suministrar los nutrimentos adecuados para la producción de frutos y semillas, mejorando la calidad de los mismos,; 4) Acelerar o retardar alguna etapa fisiológica de la planta y 5) Ayudar a disminuir pérdidas en el suelo por fijación y lixiviación.

En conclusión la fertilización foliar debe ser especifica, de acuerdo con el propósito y el problema nutricional que se quiera resolver o corregir en los cultivos.

2.11.6. Mecanismo de absorción foliar

La hoja es el órgano principal de absorción foliar de nutrimentos, que se lleva a cabo por un proceso de múltiples pasos, e involucra la absorción superficial, penetración pasiva a través de la cutícula y absorción activa por las células de las hojas bajo la cutícula. La hidratación de la cutícula permite que esta se expanda, apartando las concreciones cerosas sobre su superficie y facilitando con ello la penetración.

Una vez que los nutrimentos pasan por la cutícula, se encuentran con las membranas celulares de la epidermis, que presentan prolongaciones plasmáticas o ectocitodos, antiguamente llamados ectodesmo. Los ectocitodos son espacios interfibrilares que aparecen en las paredes celulares que rodean espacios llenos de aire. Su función es la de servir de vía para la excreción de sustancias, a la vez que permiten el paso de productos al interior. Cuando los nutrimentos se encuentran en los ectocitodos, son translocados a las células epidérmicas por un proceso complejo de difusión y mediante gasto de energía metabólica. Un número alto de ectocitodos, una cutícula delgada y una gran área superficial, favorecen la penetración de nutrimentos vía foliar.

Los agentes humectantes favorecen la absorción por que disminuye la tensión superficial de las gotas. Los agentes tensoactivos pueden desplazar el aire que se encuentra en los estomas permitiendo la entrada de los nutrimentos.

2.11.7. Factores que influyen en la fertilización foliar

Para el buen éxito de la fertilización foliar es necesario tomar en cuenta tres factores, los de la planta, los del ambiente y la formulación foliar. En relación a la formulación foliar, se debe de tomar en cuenta la concentración de la sal portadora del nutrimento, el pH de la solución ya que influye en la absorción de este en la hoja, la adición de coadyuvantes y el tamaño de la gota del fertilizantes liquido; del nutrimento por asperjar se cita su valencia y el ion acompañante, la velocidad de penetración y la translocabilidad del nutrimento dentro de la planta (Kovacs, 1986).

Del ambiente se debe de considerar la temperatura del aire, el viento, la luz, humedad relativa y la hora de aplicación, estos factores son de suma importancia ya que hay cultivos que en determinada temperatura absorben en mayor cantidad algunos nutrimentos, (Jyung y Wittwer, 1964), la luz es importante en la fotosíntesis y para que una planta pueda incorporar nutrimentos en los metabolitos

se requiere de un proceso fotosintético activo en la planta. Y la humedad relativa influye en la velocidad de evaporación del agua que se aplica. Por consiguiente favorece la penetración de los nutrimentos al mantener húmeda la hoja, en cuanto a la hora de aplicación, se debe de aplicar muy temprano o en las tardes, según las condiciones de la región (Swietlik y Faust, 1984).

De la planta se ha de tomar en cuenta la especie del cultivo, estado nutricional, etapa de desarrollo de la planta y edad de las hojas. Se indica que las plantas y hojas jóvenes son las que tienen mayor capacidad de absorción de nutrimentos vía aspersión foliar y desde luego deben de tener un déficit de esos nutrimentos en su desarrollo (Kovacs, 1986).

Las características principales que debe tener una fuente para la aplicación foliar es que sea muy soluble en agua y que no cause efecto fitotoxico al follaje. Las fuentes de fertilizantes foliares se pueden dividir en dos grandes categorías: sales minerales inorgánicas, y quelatos naturales y sintéticos, que incluye complejos naturales orgánicos. Estas fuentes se formulan en polvos o cristales finos de alta solubilidad en agua, y en presentaciones liquidas.

La respuesta de algunos cultivos a la fertilización foliar ha sido positiva y aceptable. Así lo demostró Chonay (1981) al fertilizar el frijol al suelo y al follaje. Al aplicar 30kg de nitrógeno como urea al suelo, cada kg incremento 2.9 kg de grano, mientras que aplicando foliarmente la misma cantidad de nitrógeno como urea al 4%, hubo un rendimiento de 24.5 kg de grano por cada kg de nitrógeno aplicado, aumentando 8.5 veces la eficiencia en el aprovechamiento del nutrimento.

Se puede resaltar, que la fertilización foliar es una realidad en la nutrición de los cultivos y que esta práctica, utilizada convenientemente, optimiza la capacidad productiva de las cosechas tanto de gramíneas, leguminosas, hortalizas, plántulas de vivero, frutales y especies forestales. La fertilización foliar es realmente un

apoyo o respaldo a la fertilización edáfica para sobrepasar los rendimientos sub-óptimos.

Mortved *et al.*, (1972) hacen énfasis en la compleja naturaleza de las relaciones entre crecimiento de la planta, la concentración de nutrimentos en solución y la concentración de los mismos dentro de la planta; el crecimiento depende de varios factores que interactúan entre sí, tales como: el abastecimiento de nutrimentos, el rango de absorción de los nutrimentos, la distribución de éstos hacia sitios funcionales y la movilidad de los mismos. Grandes progresos se han logrado a éste respecto, principalmente en lo relativo a los problemas en los puntos de conexión entre factores interactuantes.

2.11.8. Biofertilizantes

Un biofertilizante es un producto biológico que contiene microorganismos benéficos extraídos principalmente de la rizosfera del suelo o bien del interior de raíces, que al ser inoculados en el suelo o semilla, favorece los procesos de nutrición, crecimiento y desarrollo de las plantas incrementando la disponibilidad, toma, transporte y absorción de macro y micro-nutrientes.(Moreno, 2010).

Los biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos, que se asocian a las raíces de las plantas y favorecen su desarrollo y nutrición. No contaminan ni causan daño al suelo ni al hombre; hacen posible el incremento en rendimiento de los cultivos a un bajo costo; permiten, además, sustituir parcial o totalmente el uso de los fertilizantes químicos.

2.11.9. Importancia de los biofertilizantes

Uno de los elementos más valiosos que puede utilizarse en la agricultura ecológica actual es el uso de los biofertilizantes, lo cual en los sistemas de producción es una alternativa viable y sumamente importante para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, ya que permite una producción a bajo costo, no contamina el medio ambiente y mantiene la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad.

La sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agroecosistemas. En este sentido los biofertilizantes constituyen un componente vital de los sistemas sostenibles, ya que son un medio económicamente atractivo y aceptable, al reducir los insumos externos, así como al mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos (Mejia, 1995).

Los beneficios del uso de los microorganismos en la agricultura esta su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la descomposición de residuos orgánicos, la desintoxicación con plaguicidas, la supresión de enfermedades en las plantas, el aporte de nutrientes al suelo y la producción de compuestos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas (Martínez, 2002).
La efectividad en el uso de microorganismos se logra cuando se dan las condiciones óptimas para metabolizar los sustratos, como disponibilidad de agua, oxigeno, PH, temperatura, así como la disponibilidad de fuentes energéticas.

Hoy en día se utilizan diferentes microorganismos con funciones específicas en la agricultura para mejorar la productividad de las plantas. Todos son una fuente facilitadora del manejo de los nutrimentos que benefician el funcionamiento de los cultivos, y forman parte de una tecnología que garantiza una productividad biológica, económica y ecológica más exitosa y sin contaminación al medio ambiente e inocuidad reconocida para el hombre.

Las ventajas de los biofertilizantes se enumeran a continuación:

- Son económicos y fáciles de aplicar.
- Estimula la vida del suelo, mejora su estructura y su permeabilidad.
- Fortalece el metabolismo de la planta.
- Aporta nutrientes inorgánicos y compuestos inorgánicos beneficos, corrigiendo deficiencias en micro-nutrientes.
- Crean una barrera protectora en la raíz contra hongos y bacterias patógenas.
- Producen fitohormonas, como el acido indolacetico y las citoquininas y capaces de acelerar y potenciar el crecimiento en las plantas.

2.11.10. Algamino (CONSUSTENTA, 2009)

Es un potenciador orgánico que se hace a base de extracto líquido de algas frescas (algas), tales como *Ascophyllum nodosum* y Sargassum, que son naturales, no es tóxico, es inocuo y no contamina; además, es rica en elementos menores y contiene hormonas de crecimiento natural. Es un fertilizante designado para la agricultura ecológica.

Composición química

Elemento	Porcentaje en peso
Nitrógeno total (N)	00.18000
Fósforo (P_2O_5)	00.00700
Magnésio (MG)	00.06100
Zinc (Zn)	00.00021
Cobre (Cu)	00.00045
Acido glutámico	04.00000

Acido nicotínico	02.04000
Auxinas	00.01000
Materia orgánica	02.00000
Potasio (K_2O)	01.69100
Calcio (Ca)	00.11000
Fierro (Fe)	00.00260
Magnesio (Mg)	00.00040
Boro (B)	00.00010
Acido pantoténico	02.02000
Citocininas (6 BAP)	00.00800
Giberelina (GA3)	00.00600
Acondicionadores	87.86234
TOTAL	100.00000

Funciones principales:

- Reduce la salinidad de los suelos y aumenta la liberación de los minerales en el suelo.
- Fija el nitrógeno en el suelo.
- Aumenta la población de microalgas en el suelo y en la rizósfera.
- Contrarresta los efectos del bloqueo de Fe por fósforo, y de otros micronutrimentos por los carbonatos y sales en el suelo.
- Incrementa el desarrollo de las raíces secundarias, así como las adventicias y su exudación.
- Impulsa la absorción de los nutrimentos por las plantas.
- Mejora la eficiencia de los fertilizantes del suelo.
- Aumenta en la planta las reacciones enzimáticas para incrementar su respuesta fisiológica.

El Algamino aporta, tanto vía suelo como foliar, una mayor cantidad de las sustancias requeridas (auxinas, giberelinas, citoquininas, enzimas y trazas de

nutrimentos) para generar elasticidad en los primordios de hojas y raíces con el fin de inducir un crecimiento y desarrollo con mayor equilibrio, así como la absorción del agua por las raíces lo cual es el principal factor de desarrollo de la planta en esta etapa; también aporta microorganismos que reducen la cantidad de sales en los suelos.

Las microalgas de Algamino (Figura 6) aumentan la fijación del nitrógeno atmosférico por las plantas, aun más en las leguminosas; en el suelo aumentan en forma progresiva el contenido de materia orgánica, lo que incrementa la retención de la humedad y el ahorro del agua. Las microalgas se alimentan de sales y de esta forma se reduce la salinidad en el suelo, lo cual provoca en consecuencia la liberación de los nutrimentos, la formación de poros, una mayor circulación del aire y una redumlión de pH; además, incrementa en forma directa los niveles endógenos de giberelina, auxina y citoquinina, lo cual genera cambios en los procesos fisiológicos gobernados por estas fitohormonas, tales como floración, fructificación, tuberización y rebrote de hojas principalmente.

Aplicado en forma foliar en los cultivos aumenta el contenido de N, P, K y de Fe, Zn, Mg y Cu en forma de cofactor orgánico, y de esta manera se puede reducir la manifestación de las deficiencias fisiológicas y metabólicas en estos nutrimentos. Las enzimas incrementan el nivel de los transportadores en el plasmalema. Como el transporte de los minerales del suelo hacia el interior de la planta depende de estas enzimas transportadoras, al ser incrementados estos niveles en el plasmalema, la eficiencia de asimilación de los minerales por la planta a su vez se incrementa automáticamente. Este mecanismo a nivel de los tejidos de condumlión permite: a) Una rápida translocación de los minerales y de la fitohormonas tomados por la raíz y la hoja; b) Una rápida difusión de los minerales y de las fitohormonas en las células; c) Una rápida compensación de las deficiencias fisiológicas y metabólicas de los nutrimentos.

Los extractos orgánicos que se depositan alrededor de la raíz aportan energéticos y sustratos para incrementar la población de microorganismos en la rizósfera estableciendo, un equilibrio entre éstos, los minerales y las fuentes energéticas que permiten la multiplicación de tales microorganismos.





Figura 8. Presentación del Algamino

2.11.11. Azospirillum brasilense

El género *Azospirillum* spp., pertenece al grupo de las denominadas bacterias promotoras del crecimiento vegetal (llamadas PGPR: plant-growth promoting rhizobacteria), fin por el cual se las emplea habitualmente como inoculantes (Bashan and Holguin, 1997).

La función principal del *Azospirillum* es la de ingerir el nitrógeno en formato no asimilable para la planta y devolverlo en una forma sencilla de fácil asimilacion, por lo tanto se logra así una planta bien verde que aprovecha al máximo el nitrógeno libre en el sustrato que de otra forma sería imposible de consumir.

Es una bacteria gram negativa, de vida libre, fijadora de nitrógeno y asociada a la rizosfera de plantas, tiene un metabolismo carbonado y nitrogenado muy versátil, lo que le permite adaptarse y establecerse en el competitivo entorno rizosférico. Puede utilizarse un amplio rango de sustratos, amonio, nitrito, nitrato, aminoácidos y nitrógeno molecular. (Dobbelaere *et al*., 2001).

Actualmente son reconocidas seis especies en el género *Azospirillum*. Las dos primeras en ser descritas fueron *A. lipoferum* y *A. brasilense*, siendo éstas las más 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. doebereinerae.*

Azospirillum brasilense

Bacteria benéfica fijadora de nitrógeno que vive sobre las raíces de las plantas, tales como: trigo, maíz, sorgo, arroz, cebada, avena y en cultivos perennes: aguacate, café, cítricos y caña de azúcar. En general actúa sobre toda raíz. Uno de los principales atributos de estas bacterias es su capacidad para producir hormonas de crecimiento vegetal (ácido indolacético) impulsando un mayor crecimiento radical, lo que permite mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes disponibles en el suelo (COSUSTENTA, 2009).

Ventajas del biofertilizante

- Fácil transportación, inocuos y baratos.
- Permiten reducir entre un 30 y 50 % la cantidad de fertilizante químico.

- Aumentan la velocidad de absorción de nutrientes por las plantas, por un efecto directo en el mayor desarrollo del sistema radical, aumentando además la formación de pelos radicales.
- Aportan nitrógeno, fitohormonas y los convierten en asimilables por las plantas principalmente K, P, Ca y Mg entre de otros nutrientes.
- Incrementan la absorción de agua debido al mayor volumen de exploración y dan resistencia al estrés.
- Sus efectos en la nutrición vegetal, se mejoran si se aplican con Algamino (extractos de algas marinas) y Humikam (ácidos húmico y fúlvicos).
- La aplicación adicional de compostas de lombriz, permite eliminar totalmente la aplicación de fertilizantes químicos.

Presentación: En turba inoculada con $50x10^6$ ufc/gr, en el momento de su uso debe contener un mínimo de $10x10^6$ ufc/gr. Bolsa metalizada con 350 gr. c/u (Figura 9).



Figura 9. Presentación de la bacteria Azospirillum brasilense

2.11.12. Guano liquido de murciélago (CONSUSTENTA, 2009)

El Bioguano, es un fertilizante ecológico que se obtiene de forma natural a partir de las excretas y cadáveres de los murciélagos refugiados en las cuevas. Es un producto rico en nutrientes y sus propiedades biológicas superan el resto de los abonos existentes, contiene NPK, y todos los elementos menores. Además de una gran flora microbiana que lo hace ser el mejor e incomparable.

Propiedades del Bioguano:

- Contiene NPK de origen orgánico.
- Es portador de una gran micro flora compuesta de hongos, actinomiceto y bacterias, que no afectan al hombre y juegan un papel muy importante en el suelo y la nutrición de las plantas.
- Tiene acción nematicida, pues ataca las fases primarias del desarrollo de los nematodos y reduce el grado de infestación. Al proteger el sistema radicular de las plantas aumenta su capacidad de absorción de nutrientes.
- Tiene acción fungicida pues su flora microbiana ataca a los hongos y bacterias que producen enfermedades a las plantas.
- Incrementa el intercambio catiónico del suelo.
- La mayoría de los nutrientes que contiene Bioguano están en forma de quelato, compuestos organomineral de forma natural que producen un largo efecto residual en el suelo.

Su composición química y biológica varía en dependencia de diferentes factores (hábitos alimenticios de los murciélagos, tipos de cuevas, tiempo de producido el guano y otros). Es un producto que se caracteriza por tener un mejor balance de los nutrientes esenciales (N-P-K) rico en microorganismos. Durante muchos años se han realizado diferentes análisis agroquímicos a los guanos de murciélagos, comprobándose que sus contenidos de nutrientes y microorganismos son significativos y con variación, en función del tipo de guano que se trata.

Composición química de Bioguano

CONCEPTO	CONTENIDO	
Ácidos húmicos	0.98	%
Cuenta Bacteriana total	10 x 106	ufc/ml
Manganeso	7.50	%
Sodio	0.38	%
Ácidos fúlvicos	0.13	%
Boro	8.40	ppm
Cobalto	0.96	ppm
Fierro	25.80	ppm
Molibdeno	2.10	ppm
Yodo	3.70	ppm
Nitrógeno total	0.58	
Fósforo total	0.79	
Potasio total	0.61	
Calcio	0.32	%
Materia orgánica	0.27	%
Cobre	15.30	ppm
Magnesio	0.24	%
Zinc	12.00	ppm
Azufre	0.06	%

Es un producto ecológico que tiene múltiples usos en la agricultura, que garantiza una eficiente regeneración de suelos y la seguridad de obtener mejores cosechas y con una alta calidad biológica.

Tiene una amplia gama de quelatos (compuestos naturales organominerales de alto peso molecular), que le infieren al guano una gran estabilidad estructural y elevado efecto residual en el suelo o en sustrato donde se aplica.

El Bioguano (Figura 10), tiene muchas bondades que demuestran y justifican sus condiciones como producto orgánico de alta calidad, y la afirmación de muchos productores, de que "es superior al resto de los abonos naturales.



Figura 10. Presentación del Bioguano

2.11.13.1. Modo de acción del Ferti-Humix Plus

- Aporta elementos nutritivos de rápida asimilación, provocando un crecimiento natural y uniforme.
- Permite la catalización de los nutrientes impidiendo el bloqueo de los minerales por condiciones de suelo o compuestos de difícil asimilación en los suelos evitando la compactación y exceso de sales.
- Estimula la actividad hormonal de la planta, dando un crecimiento radicular, revitalizando y mejorando la actividad microbiana del suelo.
- Mejora el crecimiento y la maduración de los frutos de manera uniforme.





Figura 11. Presentación del Ferti-Humix Plus

2.11.14. Humikam Plus (CONSUSTENTA, 2009)

Balance de ácido húmico, ácido fúlvico, potasio y de activadores fisiológicos y metabólicos, la composición química se describe a continuación:

COMPOSICIÓN

	Porcentaje en peso
Ácido Húmico (477.8 g)	47.78
Ácido Fúlvico (413.1 g)	41.31
Potasio	08.90
Ácido glutámico (8000 ppm)	00.80
Ácido pantoténico (2000 ppm)	00.20
Ácido nicotínico (2000 ppm)	00.20
Mo (2000 ppm)	00.20
Acondicionadores	00.61
TOTAL	100.00

2.11.14.1. Modo de acción del Humikam Plus

Es un producto elaborado sobre la base del mayor equilibrio entre el ácido húmico, ácido fúlvico, el potasio y los principales activadores metabólicos y fisiológicos de las plantas para obtener una máxima respuesta. Por lo tanto, Humikam Plus es el bioactivador orgánico de alta pureza hecho a base de sustancias húmicas y fúlvicas estimuladas con activadores. Está diseñado para eficientar el metabolismo de la planta, mejorar el crecimiento y desarrollo de la raíz y de la planta en general, los efectos en suelo y planta se enumeran a continuación:

- Mejora indirectamente el suelo y las condiciones de nutrición.
- Mejora la eficiencia de la fertilización del suelo.
- Estimula las reacciones enzimáticas para incrementar la respuesta fisiológica y metabólica de los cultivos.
- Incrementa la eficiencia de los herbicidas.
- Incrementa en el suelo la formación de coloides y la disponibilidad de los nutrimentos en la rizósfera.
- Incrementa en el suelo la población de microorganismos benéficos en la rizósfera.
- Incrementa el desarrollo de las raíces secundarias, así como las adventicias y su exudación.
- Contrarresta los efectos del bloqueo de Fe por fósforo, y de otros micronutrimentos por los carbonatos en el suelo.
- Impulsa la absorción de los nutrimentos por las plantas.

El Humikam Plus tiene un alto contenido de ácidos húmicos y fúlvicos con estructura molecular larga y cargada de grupos funcionales tales como hidroxilos, aminas y carboxilos. Esto le permite reamlionar con los iones mediante atracción electrostática y formar complejos orgánico – minerales, así como agregados en el suelo, lo cual mejora la circulación del agua y del aire. Este nuevo elemento húmico mineral es un coloide de alta actividad. La fracción fúlvica estimula varias

reacciones enzimáticas en la planta, lo que repercute en la mayoría de los procesos fisiológicos que controlan la floración, fructificación, crecimiento y desarrollo en general. La porción húmica es la que tiene mayor interacción con el suelo para mejorar sus características fisicoquímicas. La alta afinidad entre los ingredientes activos del Humikam Plus y las enzimas transportadoras del plasmalema permite al Humikam Plus incrementar la velocidad de transporte y de difusión de los nutrimentos, los plaguicidas y herbicidas cuando se aplican en mezcla.

Los ácidos glutámico, nicotínico y pantoténico de Humikam Plus, son utilizados por la planta para generar mayor cantidad de energéticos por unidad de fósforo en un tiempo menor y con poco desgaste metabólico. Esto asegura que el desarrollo y crecimiento de la planta sean óptimos, lo cual se advierte incluso cuando se tiene un buen manejo del cultivo. El sinergismo entre los activadores metábolicos, los húmicos y fúlvicos hace que tenga una mayor suspendibilidad y que se pueda usar una menor dosis para obtener resultados óptimos, a un costo por hectárea más bajo que el que se obtendría con otros productos.



Figura 12. Presentación del Humikam Plus

2.11.15. Labranza de conservación

Desde hace muchos años antes que el hombre, la naturaleza ya sembraba sin necesidad de remover el suelo, el hombre llego a poblar miles de lugares donde tenían que trabajar y labrar la tierra utilizando practicas e instrumentos inadecuados para obtener sus cosechas que sin darse cuenta poco a poco han ido deteriorando el suelo (Gutiérrez, 1997).

Desde el punto de vista agronómico, la estructura del suelo y su estabilidad en tiempo y espacio gobiernan las relaciones hídricas suelo-planta, es decir, el almacenamiento, transporte y disponibilidad de agua, así como la aireación y flujo de gases, de tal forma que se considera como una propiedad del suelo que sirve para evaluar su aptitud debido a que influye en su potencial productivo. Mientras que la textura de los suelos no puede ser fácilmente modificada, la estructura de los suelos puede ser manipulada por los sistemas de labranza y de cultivo y puede deteriorarse y modificarse con repercusiones negativas o positivas en la productividad (Pape y Legger, 1994).

Las características topográficas y la intensidad de las lluvias que predominan en el México se transforman en un alto riesgo de erosión (Zuñiga *et al*., 1993), especialmente en terrenos de ladera donde se pierden 2.87 t ha-1 al año. Turrent (1986), estimó que el 61% del área dedicada a cultivos anuales en el país se encuentra en pendientes mayores a 4%. La pérdida de suelo existe en todos los estados de la Republica Mexicana, donde Tlaxcala ocupa el primer lugar con una pérdida del 73.94 %, mientras que Baja California Sur se encuentra en el último lugar con el 4.48 %; Michoacán esta en el puesto 13 con una pérdida del 55.03 % (Ramos, 2007).

La labranza tradicional ésta contribuyendo a la degradación de los suelos, se han propuesto diferentes alternativas para conservarlo y protegerlo; una de ellas es el empleo de la labranza de conservación, que se considera una técnica que

beneficia al suelo, ya que esta incluye una serie de técnicas que permiten detener o revertir los efectos nocivos del exceso de laboreo sobre las características físicas y químicas del suelo, promoviendo los procesos biológicos, permitiendo conservar o recuperar la productividad del mismo, reduciendo la erosión, así como la degradación e incrementando el contenido de humedad (FAO, 2006).

Uno de los aspectos importantes para el agricultor es que reduce el trabajo, el tiempo y la energía agrícola, hay menos desgaste de tractores, en consecuencia menos gastos en reparaciones, la producción es más estable, particularmente en los años secos, al mejorar la infiltración del agua; también se mejora el tránsito en los campos y las cosechas aumentan gradualmente al reducirse cada vez más el consumo de insumos, de tal manera, que se elevan las ganancias. En lo referente al ambiente se hace más constante la corriente de los ríos y se restablecen los pozos secos, gracias a una mejor absorción de la lluvia; además, el agua es más limpia debido a que se disminuye la erosión e inundaciones.Las situaciones meteorológicas extremas producen repercusiones menores (huracanes, sequías, etc.) y se refuerza la seguridad alimentaría (FAO, 2006).

Los beneficios de la labranza de conservación se identifican a simple vista, en suelos que la practican y son los siguientes: 1) Retención de carbono en la materia orgánica acumulada en los suelos a partir de los residuos agrícolas y la cubierta previa; las posibilidades mundiales de la agricultura de conservación en materia de fijación de carbono podrían equivaler al incremento producido por el hombre de bióxido de carbono en la atmósfera; 2) Menor lixiviación de nutrientes y sustancias químicas del suelo en los mantos freáticos; 3) Disminución en la contaminación del agua; 4) Ausencia práctica de erosión del suelo (la erosión es inferior al aumento de los suelos); 5) Reabasto de los acuíferos gracias a la mejor infiltración y 5) Menor utilización de combustibles en la agricultura (FAO, 2006).

Debido al uso de diversos términos con referencia a labranza, fueron publicadas en 1982 definiciones para uniformizar los más comunes. Estas definiciones fueron

publicadas por la Sociedad para la Conservación de Suelos y Agua (FAO, 1992). Como parte de varias reuniones y grupos de trabajo otros detalles han sido agregados por acuerdo común. Estos detalles están incluidos en publicaciones del Centro de Información en Tecnología de Conservación1 y documentos del Servicio de Conservación de Suelos (USDA-SCS). Algunas definiciones funcionales son las siguientes:

Labranza convencional o tradicional: es el laboreo del suelo en donde se llevan a cabo las operaciones de labranza primaria y secundaria para la preparación de la cama de siembra. Este sistema se refiere al uso del arado de reja y vertedera en seguida el uso de rastra de discos o dientes y también por alguna limpieza mecánica en control de malezas. El suelo se afloja, airea y mezcla, lo que facilita el ingreso de agua, la mineralización de nutrientes y la reducción de plagas animales y vegetales en superficie. Pero también se reduce rápidamente la cobertura de superficie, se aceleran los procesos de degradación de la materia orgánica y aumentan los riesgos de erosión. Generalmente, la labranza convencional implica más de una operación con corte e inversión del suelo. Con este sistema se deja prácticamente cero residuos en la superficie del suelo.

Labranza mínima: implica el laboreo anterior a la siembra con un mínimo de pasadas de maquinaria anterior a su corte puede ser manual o mecanizada (rastrón, rastra doble, rastras de dientes, cultivador de campo). Se provoca la aireación del suelo, pero hay menor inversión y mezclado de este. Se aceleran los procesos de mineralización de nutrientes pero a menor ritmo que en el caso anterior. Quedan más residuos vegetales en superficie y anclados en la masa del suelo; por tanto, el riesgo de erosión es menor.

Labranza cero o siembra directa: consiste en no laborear el suelo sino que se siembra directamente depositando la semilla en un corte vertical de pocos centímetros que se realiza con una cuchilla circular o zapata de corte. Una rueda compacta la semilla en el surco de siembra para permitir su contacto con el suelo

húmedo. Esta técnica exige controlar las malezas con herbicidas antes de la siembra, y también fertilizar debido a que la mineralización natural de los nutrientes del suelo se torna muy lenta. Es el mejor sistema para evitar la erosión del suelo. Su mayor restricción radica en el uso de sustancias químicas que pueden contaminar las aguas.

Labranza de conservación (LC): Es cualquier sistema de labranza y siembra que reduce la pérdida de suelo y agua, en comparación con labranza convencional, y que además retiene cantidades protectoras de residuos de cosecha en la superficie. Después de la siembra debe haber por lo menos 30 por ciento de la superficie del suelo cubierta por residuos del cultivo anterior aportando así una reducción en la erosión por agua. En resumen, la LC se define como un sistema de laboreo que realiza la siembra sobre una superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con lo cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo causado por la lluvia y el viento en suelos agrícolas con riesgos de erosión (Figueroa y Morales 1992). Cada tipo de labranza de conservación representa una opción y la decisión de usar alguna, dependerá del tipo de clima y suelo prevaleciente en el sitio donde se establecerá el cultivo (Galván, 2008).

El principio fundamental de la labranza de conservación es un 30 % de cobertura o mantillo del suelo con los rastrojos de las cosechas de los cultivos anteriores, las cuales tienen un efecto decisivo en evitar la erosión, disminuir la presencia de malezas, incrementa el contenido de materia orgánica, mejorando con ello las propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que se reflejara en un incremento en la fertilidad del suelo, así mismo, se reducen los costos de producción y los productores pueden practicar una agricultura sustentable. (Sierra, 1990; Cardini, 1993).

Las ventajas de la labranza de conservación son las siguientes: reduce la erosión, aumenta la infiltración y conservación de agua en el suelo, reduce la fuga de nutrientes del suelo, reduce la quema de residuos, reduce el uso de energía,

tiempo y mano de obra, aumenta la materia orgánica y microorganismos, reduce la compactación mejorando la estructura del suelo y agregación de partículas, aumenta la productividad, ayudando al mejor desarrollo de las raíces del cultivo, reduce el costo de productos y beneficia el ambiente (Figueroa y Morales, 1992).

Los resultados exitosos con el uso de la labranza de conservación en México se han obtenido principalmente bajo condiciones de riego, para temporal, donde son más necesarias las practicas de recuperación o mantenimiento de los recursos naturales, poco se ha avanzado para incorporarla como una práctica agrícola común, la escasa producción de rastrojos para la cobertura se presenta como principal limitante. La labranza de conservación demanda que el productor adquiera habilidades en el manejo del rastrojo y malezas sin labranza, para lo que se requiere ajustar las técnicas tradicionales usadas como: rotación de cultivos, siembra, variedades, fertilización y riego, para obtener mejores resultados (Galván, 2008).

La Labranza de Conservación es una alternativa tecnológica que nos permite hacer frente a la actual problemática del sector, ya que es un Sistema: **Productivo, Rentable y Conservacionista;** debido a que abate los costos de producción e incrementa el rendimiento, conservando los recursos suelo y agua.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del experimento

El experimento fue establecido por el personal investigador del Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) del Campo Experimental Uruapan, en el municipio de Nahuatzen Michoacán, México, durante el ciclo primavera-verano 2008, que forma parte de la meseta purépecha, en un terreno ubicado en el kilometro 1.5 de la carretera Nahuatzen-Arantepacua, ubicado entre las coordenadas 19° 38´ 293" de latitud norte y a los 101° 55´ 812" de longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 2088 m. Limita al norte con Zacapu, al noroeste con Cherán, al este con Erongarícuaro, al sur con Tingambato y Uruapan, y al oeste con Paracho. (www.ayuntaweb.info/nahuatzen/sobre.htm, 2010).

3.1.1. Clima, suelo y vegetación de la región

El clima de la región se clasifica de acuerdo con Köppen, modificado por García (1973), como templado con lluvias en verano; la temperatura media anual oscila entre 4.1 y 25.4 °C, con una temperatura media en el ciclo primavera-verano de 22.5 °C y una precipitación media anual de 861.5 mm, la mayor parte de esta se registra de junio a septiembre (INEGI, 2001).

Los suelos de la región datan de los periodos Cenozoico, terciario inferior y eoceno; con textura que varía de franco a migajón-arenoso; se caracterizan por tener un potencial hídrico pH ácido entre 5.5 y 6.0; presentan una gran cantidad de

aluminio activo, lo cual determina en gran medida la poca disponibilidad de azufre así como la baja eficiencia de los fertilizantes fosfóricos (Álvarez, 1982).

En la región predomina lo forestal y en menor proporción lo agrícola y ganadero. Predomina la agricultura de temporal con prácticas convencionales y remotas posibilidades de un uso intensivo de insumos y servicios. La actividad agrícola, es su principal fuente económica; los cultivos más importantes son: maíz, trigo, papa, haba y avena. El cultivo predominante es el maíz, establecido bajo condiciones de humedad residual con un ciclo de cultivo hasta de 240 días a la cosecha, con propósitos de autoconsumo y pocos excedentes para la comercialización (García, 1993).

3.2. Metodología

3.2.1. Establecimiento y manejo del ensayo

La siembra se realizó el 4 de julio de 2008 con el híbrido de canola Hyola 401 bajo labranza reducida (rastreo, surcado y escarda) con la sembradora Dobladence OLU-2N (modificada para siembra de canola por investigadores del C.E. Uruapan) a una densidad de 3.5 kg ha^{-1} (Figura 11). A la siembra se aplicó un tercio del nitrógeno (Urea), todo el fósforo (Superfosfato de calcio triple) y potasio (Cloruro de potasio), el resto del nitrógeno se adicionó a la escarda (Figura 12).



Figura 13. Barbecho, surcado y siembra del cultivo de canola





Figura 14. Segunda fertilización química y escarda realizada en el cultivo de canola.

Durante el ciclo vegetativo de la canola se realizaron diferentes actividades con la finalidad de mantener en buenas condiciones el cultivo de canola. La semilla se trató con Carbofuran en dosis de 400 ml ha^{-1}, para evitar el ataque de un insecto de la familia *Carabidae* (Figura 15).



Figura 15. Tratamiento a la semilla de canola con Carbofuran

Se realizó un deshierbe manual, el 12 y 13 de septiembre cuando el cultivo se encontraba en inicio de floración. La cosecha se realizó el 25 de noviembre de 2008, cuando las plantas se uniformizaron en el EF 91 de acuerdo a la escala de

Lancashire *et al*. (1991) (Semillas duras y negras con una humedad entre el 10 y 12 %), se utilizaron hoces o rozaderas para efectuar el corte de la planta, lo que permitió seleccionar perfectamente el corte de la parcela útil para la toma de datos después de la cosecha; las plantas fueron colocadas en costales etiquetados; posteriormente se trilló para determinar el rendimiento por tratamiento y porciento de humedad en el grano. También se recolectaron plantas individuales para determinar el número de silicuas por planta, número de granos por silicua y peso de mil granos. No se realizó la aplicación de pesticidas (insecticida, fungicida, bactericida, etc.), debido a que no se presentaron problemas de patógenos o plagas.

3.2.2. Material genético

El material genético con mayor adaptación a nivel nacional ha sido el híbrido Hyola 401. En la Meseta Purhépecha el INIFAP ha evaluado diferentes híbridos y variedades de polinización libre; los resultados han señalado a Hyola 401 como la más rendidora y con excelente calidad aceitera; por esta razón, fue el genotipo utilizado. Algunas de sus características son las siguientes: inicia su floración entre los 55 y 60 días después de la siembra y finaliza su ciclo a los 130 días. Presenta una altura promedio de 1.20 a 1.30 cm, un peso específico de 60 a 64 kg hl^{-1} y un rendimiento experimental bajo condiciones de temporal hasta de 2.5 toneladas por hectárea. Su rendimiento de aceite bajo condiciones de temporal es del 44 %, valor que se encuentran dentro del rango requerido por la industria que es de 40 y 44 %. (Carrillo, 2005; Gómez y Cepeda, 2009).

3.2.3. Tratamientos evaluados

Se estudiaron seis fertilizantes foliares, los cuales se aplicaron en dos estados fenológicos (EF): roseta (EF 30) y plena floración (EF 65) de acuerdo a la escala de Lancashire *et al*., 1991 (Figura 16). Además, se adiciono un testigo regional y un testigo con la dosis baja de fertilización química sin aplicación de fertilizantes foliar. Los tratamientos evaluados se muestran en la Cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el cultivo de Canola *(Brassica napus L.)* en Nahuatzen, Michoacán, durante el ciclo PV 2008.

No. Trat.	Tratamiento	Dosis L ha^{-1}	Tipo de aplicación	Época de aplicación	Fertilización (NPK)
1	Testigo Regional				120-80-60
2	Testigo sin aplicar				60-60-00
3	ALGAMINO	0.5	Foliar	Roseta	60-60-00
		0.5	Foliar	Plena floración	
4	FERTI-HUMIX PLUS	1.0	Foliar	Roseta	60-60-00
		1.0	In Drench	Plena floración	
5	BIOGUANO	1.0	Foliar	Roseta	60-60-00
		1.0	Foliar	Plena floración	
6	HUMIKAM PLUS	100 g	Foliar	Roseta	60-60-00
		100 g	Foliar	Plena floración	
7	AZOSPIRILLUM	350 g	In Drench	2 hojas verdaderas	60-60-00



Figura 16. Estados fenológicos de canola en los que se aplicó el fertilizante foliar. En Nahuatzen, Mich. Ciclo PV 2008.

3.2.4. Variables estudiadas

Las variables evaluadas se describen a continuación. Las fenológicas, fisiológicas y morfológicas se tomaron dentro de la parcela útil.

3.2.4.1. Climáticas

Se registraron diariamente las temperaturas máximas y mínimas, así como la precipitación, durante el tiempo de duración del ciclo del cultivo, con los datos obtenidos se realizó una gráfica, donde se indica la duración de cada uno de los periodos durante el desarrollo del cultivo. El equipo utilizado fue un termómetro de máximas y mínimas, así como un pluviómetro.

3.2.4.2. Morfológicas

Densidad de plantas (DDP): se contaron todas las plantas existentes en la parcela útil (8 m^2) y después se realizó la conversión a m^2.

Número de silicuas por planta (NSP): al momento de efectuar la cosecha se cortaron 10 plantas al azar, como muestra representativa de cada unidad experimental, a las cuales se les contó el número de silicuas totales por planta, al final se determinó un promedio para esa variable.

Número de granos por silicua (NGS): de la muestra obtenida para el NSP, se seleccionaron y trillaron diez silicuas al azar de la rama principal, posteriormente se contó el número total de granos y este se dividió entre 10 para obtener el promedio.

Peso de 1000 granos (P_{1000}): se contaron 1000 granos por cada tratamiento y repetición, los cuales se pesaron en una balanza analítica.

Rendimiento de grano (RGR): se peso y determinó la humedad en el grano obtenido de cada unidad experimental (8 m^2). El rendimiento de grano se ajustó al 8% de humedad y finalmente se transformó a kg ha^{-1}.

Las variables morfológicas estudiadas se muestran en la Figura 17.



Figura 17. Características morfológicas estudiadas en los tratamientos evaluados en canola durante el ciclo PV 2008 en Nahuatzen, Mich.

3.2.5. Diseño experimental

Para lograr los objetivos, se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Los siete tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en cada bloque; la unidad experimental estuvo constituida por cuatro surcos de 5 m de largo y 0.80 m de ancho (16 m^2) y la parcela útil fueron los dos surcos centrales (8 m^2).

3.2.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizo utilizando el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994), el análisis de varianza (ANVA) para cada una de las variables monitoreadas, fue en base al siguiente modelo estadístico (Steel y Torrie, 1980), correspondiente al diseño experimental usado:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Donde:

i = 1, 2, 3,4…….. subíndice de bloques

j = 1, 2, 3,4…….. subíndice de tratamientos

Y_{ij} = Variable en estudio obtenida en el i-ésimo bloque del j-ésimo tratamiento

μ = Media general del experimento

B_i = Efecto del i-ésimo bloque

T_j = Efecto del j-ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto del error experimental

Para cada una de las variables evaluadas se estimo la media, el rango y el coeficiente de variación.

Media: es el promedio de los datos de cada variable.

$$\overline{\chi} = \frac{\sum \chi}{n}$$

$Donde$:

$\overline{\chi} = Media$

$\sum \chi = Suma\ de\ los\ Datos$

$n = numero\ de\ datos$

Rango: es la diferencia entre el valor más alto observado menos el valor más bajo observado.

$$Rango = Valor\ más\ Alto - Valor\ más\ Bajo$$

Coeficiente de variación: se estimó utilizando la siguiente fórmula:

$$C.V. = \frac{\sqrt{CMEE}}{\overline{X}} \text{ X } 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación.

C.M.E.E. = Cuadrado medio del error experimental.

X = Media general.

3.2.7. Costos de producción

Los costos de producción, son todas las erogaciones que hacen los productores en la operación de su unidad productiva, es decir, incluyen todos los insumos y servicios que son necesarios para obtener sus productos. Para su análisis se han clasificado en costos fijos y costos variables, los primeros son los costos en que se incurre cualquiera que sea la escala de producción, e incluso cuando no se produce nada, de cualquier manera existen costos, aunque sean mínimos; estos costos tienden a disminuir por unidad de producto, cuando mayor sea el nivel de producción, los costos fijos son proporcionalmente menores. Los costos variables están ligados a la cantidad de productos que se generan, pues son los costos de los insumos directos por cada unidad de producto (http://www. es.mimi.hu/economia/costo_de_produccion.htm., falta el año de consulta).

3.2.7.1. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es aquel nivel de producción de bienes en que se igualan los ingresos totales y los costos totales, donde el ingreso de operación es igual a cero (Inca Rural). Es decir, el punto de actividad donde no existe utilidad ni pérdida. Hallar el punto de equilibrio es hallar el número de unidades a vender, de modo que se cumpla con lo anterior (que las ventas sean iguales a los costos).

- Permitirnos una primera simulación que nos permita saber a partir de qué cantidad de ventas se empezarán a obtener utilidades.

- Saber qué número de unidades o ventas se debe realizar, para lograr cierta utilidad.

La fórmula para hallar el punto de equilibrio es:

$$(P \times U) – (Cvu \times U) – CF = 0$$

Donde:

P: precio de venta unitario.

U: unidades del punto de equilibrio, es decir, unidades a vender de modo que los ingresos sean iguales a los costos.

Cvu: costo variable unitario.

CF: costos fijos.

El resultado de la fórmula será en unidades físicas, si queremos hallar el punto de equilibrio en unidades monetarias, simplemente multiplicamos el resultado por el precio de venta. (http://www.crecenegocios.com/el-punto-de-equilibrio, 2009).

3.2.7.2. Relación Beneficio Costo

Esta relación nos indica cuánto se obtiene de utilidades o pérdidas según sea la magnitud de los ingresos y los egresos.

Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{RB/C} = \frac{BeneficiosTotales}{CostosTotales}$$

Interpretación de los resultados de la Relación beneficio-costo (de acuerdo al manual curso-taller diseños de proyectos para el desarrollo rural.

- Si el resultado es menor a 1 significa que los egresos soy mayores que los ingresos y que por lo tanto no se recupera la inversión propuesta.

- Si el resultado es igual a 1 significa que los ingresos son iguales a los egresos, por lo que se dice que no hay ganancias ni perdidas.

- Si el resultado es mayor que 1 significa que los ingresos son mayores que los egresos. Entre más alejado de 1 sea el resultado más rentable será el proyecto (Manual Curso-Taller diseño de proyectos para el desarrollo rural).

3.2.7.3. Rentabilidad

La rentabilidad es la relación que existe entre la utilidad y la inversión necesaria para lograrla. Mide la efectividad de la gerencia de una empresa, demostrada por las utilidades obtenidas de las ventas realizadas y la utilización de las inversiones, su categoría y regularidad es la tendencia de las utilidades (PARÉS, 1979).

Rentabilidad = Ingreso total - Costo total

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Condiciones climáticas durante el desarrollo fenológico del cultivo

En la Figura 18, se muestra la distribución de lluvias y temperaturas prevalecientes durante el desarrollo fenológico del cultivo de canola en el ciclo primavera-verano 2008. De acuerdo a los requerimientos climáticos, la canola necesita temperaturas entre 5 y 30 °C, ideales entre 20 y 22 °C (Thomas, 2003); en éste aspecto el desarrollo de la canola se vio favorecido con las temperaturas ya que las máximas oscilaron entre 19 y 27 °C desde el período vegetativo hasta el de maduración, mientras que las temperaturas mínimas fluctuaron entre 3 y 14 °C, de julio a mediados de noviembre; sin embargo, ya cuando el cultivo estaba por finalizar su ciclo entre el 14 y 25 de noviembre las temperaturas descendieron con valores entre -0.5 a -3.8 °C; lo que causó una pequeña disminución en el rendimiento de grano del 3 al 5 %. En lo referente a la precipitación el cultivo requiere de 400 a 500 mm y se acumularon 860 mm, con una distribución más o menos uniforme del período vegetativo al reproductivo, ya que en el período de maduración la precipitación descendió hasta desaparecer a mediados de este período. Durante el desarrollo fenológico no se presentaron diferencias marcadas en la fenología del cultivo, todos los tratamientos en general mostraron cada estado fenológico al mismo tiempo.

4.2. Análisis de varianza

El análisis de varianza mostró diferencias significativas al 0.01 para las variables densidad de la planta, silicuas por planta, granos por silicua y rendimiento; no se detecto diferencia significativa para la variable peso de mil gramos. (Cuadro 3).

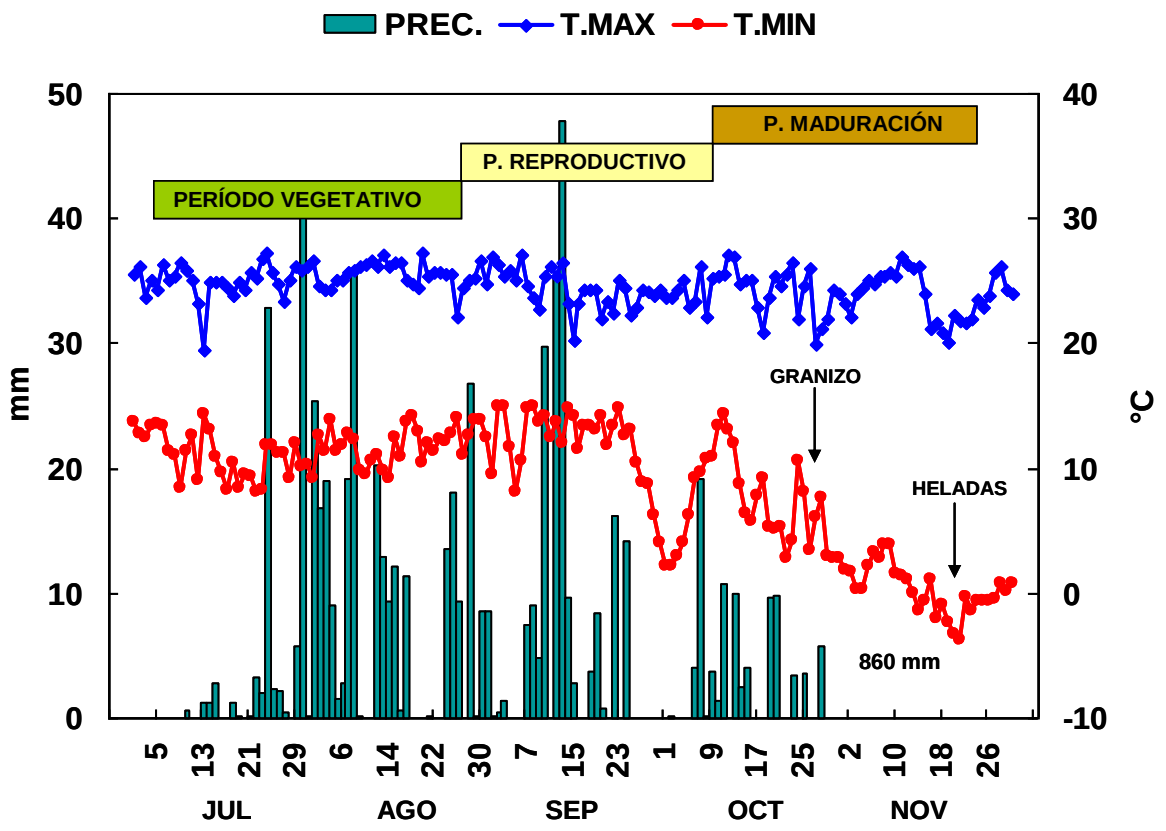


Figura 18. Condiciones climáticas presentes durante el desarrollo fenológico del cultivo de canola en Nahuatzen, Mich. Ciclo PV 2008.

Cuadro 3. Cuadrados medios, significancias y coeficiente de variación (CV) de las variables de canola estudiadas en Nahuatzen, Michoacán. Ciclo PV 2008.

FV	Tratamiento	Bloques	Error	Total	CV (%)
GL	6	3	18	27	
DDP	21.6429 **	3.2383	5.0714		11.51
NSP	16547.8125 **	214.9583	439.4236		10.53
NGS	18.3691 **	1.4642	3.4643		6.54
P_{1000}	0.3383 ^{ns}	0.0014	0.1432		9.52
RGR	620490.6875 **	24496.0000	1 6291.5557		6.47

** Significativo al 0.01
* Significativo al 0.05
^{ns} No Significativo

4.2.1. Densidad de plantas

En esta variable el análisis de varianza reflejó alta significancia, con un coeficiente de variación de 11.51 % (Cuadro 3), muy aceptable, ya que el experimento estuvo bajo condiciones de temporal, lo que indica que los datos obtenidos son confiables. La media general fue de 19.57 plantas por metro cuadrado, con un rango de 6.75 plantas (Cuadro 4).

Al realizar la comparación de medias en esta variable, se obtuvo una diferencia mínima significativa (DMS) de 4.58 a un nivel de significancia de 0.01. El mejor tratamiento fue el Algamino con 22.5 plantas/m^2, seguido por Ferti Humix Plus y el Humikam Plus, (Cuadro 4).

Los resultados indican que los mejores tratamientos fueron el Algamino y el Ferti Humix Plus, que formaron el primer grupo de significancia, estos tratamientos mostraron un incremento de 7 y 6 plantas por m^{-1} sobre el testigo regional, así como de 3 y 2 plantas m^{-1} sobre el testigo sin aplicación, respectivamente. El Humikam Plus, Bioguano y Azospirillum fueron estadísticamente mejores que el Testigo regional y lo superaron con 4, 3 y 2 plantas por m^{-1}, respectivamente. Estos resultados indican un efecto positivo de los fertilizantes orgánicos sobre la densidad de plantas, las fortalece y la pérdida de ellas disminuye. Estos resultados coinciden con lo reportado por Carrillo (2005), que reporta un incremento del 17 % en la densidad de población al reducir la fertilización química con aplicación complementaria de fertilizantes foliares orgánicos en canola bajo labranza reducida; sin embargo, Angadi *et al*. (2003) mencionan que la densidad de plantas no es un factor que interfiera en el rendimiento de grano, debido a la plasticidad del cultivo; la reducción de plantas por m^{-1} no afecta el rendimiento, siempre que la población se distribuya de forma uniforme.

Cuadro 4. Comparación de medias, nivel de significancia, diferencia mínima significativa (DMS) y rango para la densidad de plantas por metro cuadrado cuantificada en los tratamientos evaluados en Nahuatzen, Michoacán durante el ciclo PV 2008.

No. Tratamiento	Tratamientos	μ	DMS (0.01)
3	Algamino	22.5	A
4	Ferti-Humix Plus	22.0	A
6	Humikam Plus	20.3	AB
2	***Testigo sin aplicar***	***19.8***	***AB***
5	Bioguano	18.5	AB
7	Azospirillum	18.3	AB
1	**Testigo Regional**	**15.8**	**B**
	NS		0.01
	DMS		4.58
	μ	19.57	
	Rango	6.75	

NS = Nivel de significancia
μ = Valor medio

4.2.2. Silicuas por planta

El análisis de varianza para esta variable resultó altamente significativo, con un coeficiente de variación de 10.53 % (Cuadro 3). Se obtuvo una media general de 199.14 silicuas por planta, con un rango de 188.25 silicuas por planta (Cuadro 5). Al realizar la comparación de medias, la DMS fue de 42.66 a un nivel de significancia de 0.01.

La prueba de medias arrojó siete grupos, el Azospirillum formó el primero y fue el único tratamiento que supero con un 24 % al Testigo regional. Todos los tratamientos estudiados superaron al Testigo sin aplicar con una ganancia de 22 a

98 silicuas por planta (Cuadro 5). Se observó una tendencia entre la variable DDP con el NSP, a mayor densidad de plantas se desarrolla menor número de silicuas por planta; de tal manera, que el Algamino obtuvo 22.5 plantas por m^{-1} y 173 silicuas por planta, mientras que el Azospirillum presentó 18.3 plantas por m^{-1} y 307.50 silicuas por planta.

Cuadro 5. Comparación de medias, nivel de significancia, diferencia mínima significativa (DMS) y rango para el número de silicuas por planta cuantificada en los tratamientos evaluados en Nahuatzen, Michoacán durante el ciclo PV 2008.

No. Tratamiento	Tratamientos	μ	DMS (0.01)
7	**Azospirillum**	**307.50**	**A**
1	**Testigo Regional**	**247.25**	**B**
6	Humikam Plus	216.00	BC
5	Bioguano	189.50	CD
3	Algamino	173.00	DE
4	Ferti-Humix Plus	141.50	EF
2	***Testigo sin aplicar***	***119.25***	***F***
	NS		0.01
	DMS		42.66
	μ	199.14	
	Rango	188.25	

NS = Nivel de significancia
μ = Valor medio

4.2.3. Granos por silicua

El análisis de varianza mostró alta significancia para esta variable con un coeficiente de variación de 6.54 % (Cuadro 3). La media general fue de 26.46 granos por silicua, con un rango de 5.5 granos por silicua (Cuadro 6). La diferencia mínima significativa fue de 3.79 a un nivel de significancia de 0.01.

Al aplicar la prueba de medias se formaron siete grupos, el Testigo Regional conformo el primer grupo y supero a todos los tratamientos estudiados con valores entre 1 y 6 granos por silicua. El valor más bajo lo obtuvo el Testigo sin aplicar con 26 granos por silicua y dentro de los tratamientos el mejor fue el Azospirillum con un grano menos que el Testigo Regional y cinco más que el Testigo sin aplicar (Cuadro 6). La tendencia entre el NSP y el NGP es ligera, ya que a mayor número de silicuas por planta disminuye un poco el número de granos por silicua, esto se observa en el tratamiento con Azospirillum, ya que obtuvo 307.50 silicuas por planta y el número de granos por silicua fue de 30.75; en el Testigo Regional se presentó lo contrario tuvo 247.25 silicuas por planta y 31.25 granos por silicua. La misma tendencia mostraron el resto de los tratamientos.

Cuadro 6. Comparación de medias, nivel de significancia, diferencia mínima significativa (DMS) y rango para el número de granos por silicua cuantificada en los tratamientos evaluados en Nahuatzen, Michoacán durante el ciclo PV 2008.

No. Tratamiento	Tratamientos	μ	DMS (0.01)
1	**Testigo Regional**	**31.25**	**A**
7	Azospirillum	30.75	AB
6	Humikam Plus	29.75	ABC
5	Bioguano	28.00	ABCD
4	Ferti-Humix Plus	27.25	BCD
3	Algamino	26.50	CD
2	***Testigo sin aplicar***	***25.75***	***D***
	NS		0.01
	DMS		3.79
	μ	28.46	
	Rango	5.5	

NS = Nivel de significancia
μ = Valor medio

4.2.4. Peso de mil granos

Esta variable, no fue significativa al realizar el análisis de varianza y mostró un coeficiente de variación de 9.52 %. La media general fue de 3.98 g. Entre los tratamientos no existió diferencia estadística y numéricamente el mejor tratamiento fue el Ferti Humix Plus y el Testigo sin aplicación con un peso de mil granos de 4.30 g, la ganancia sobre el Testigo Regional fue del 10 %; el Algamino y el Bioguano mostraron incrementos del 5 y 1 %, respectivamente, con respecto al Testigo Regional. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Tamago *et al*. (1999), ya que no observaron influencia de distintas dosificaciones de NPK y elementos secundarios sobre el peso de mil grano.

Entre el NSP y P1000 la tendencia fue que a mayor número de silicuas menor peso de mil granos; el Azospirillum presentó el valor más alto para el número de silicuas por planta de 307.50 silicuas por planta y el peso de mil granos más bajo de 3.48; el caso contrario fue para el tratamiento con Ferti Humix Plus que mostró en número más bajo de silicuas por planta de 141.50 y el mayor peso de mil granos de 4.30 g. La relación entre el NGS y el P_{1000} fue similar a mayor número de granos por silicua menor peso de mil granos. Al respecto, Ortegón-Morales (2007) menciona que Hyola 401 con 30 plantas m^{-1} presenta en promedio 348 silicuas por planta (Ortegón *et al*., 2006) y un peso de 3,04 g por 1000 semillas (Berglund, 2004), estas características se modifican principalmente por la densidad de población y las condiciones climáticas (Ozer, 2003). Entre las componentes se presentan efectos compensatorios, lo que indica que a baja densidad de plantas se obtiene mayor N° de silicuas por planta, menor N° de granos por silicua y mayor peso de 1000 granos (Ali *et al*, 1996; Momoh y Zhou, 2001; Morrison *et al*., 1990).

Cuadro 7. Promedio general y coeficiente de variación para el peso de mil granos cuantificado en los tratamientos evaluados en Nahuatzen, Michoacán durante el ciclo PV 2008.

No. Tratamiento	Tratamientos	P_{1000} (g)
4	Ferti-Humix Plus	4.30
2	**Testigo sin aplicación**	**4.30**
3	Algamino	4.10
5	Bioguano	3.93
1	***Testigo Regional***	***3.90***
6	Humikam Plus	3.83
7	*Azospirillum*	*3.48*
	MEDIA	3.98
	CV (%)	9.52

4.2.5. Rendimiento de grano

El resultado del análisis de varianza indico alta significancia para esta variable y un coeficiente de variación de 6.47, muy aceptable; la media general fue de 1973.39 kg ha^{-1}, con un rango de 1212.75 kg ha^{-1} (Cuadro 3). La DMS fue de 259.75 a un nivel del 0.01.

La prueba de medias formo cuatro grupos, en el primero quedo el Testigo Regional, en el segundo el Humikam Plus, Bioguano, Azospirillum y Ferti Humix Plus, en el tercero el Algamino y en el cuarto el Testigo sin aplicar. El Testigo Regional mostró ganancia entre 265.75 a 350.25 kg ha^{-1} sobre el Humikam Plus, Bioguano, Azospirillum y Ferti Humix Plus (Cuadro 8); la pérdida en rendimiento es poca, considerando la contribución que se hace para cuidar el ambiente, ya que la fertilización química se reduce en un 50, 25 y 100 % de NPK, respectivamente. El Testigo sin fertilizar fue superado por todos los tratamientos de fertilización orgánica y por el biofertilizante, lo que indica un efecto positivo sobre la producción de grano de este tipo de nutrición, la ganancia de estos productos sobre el Testigo sin fertilizar osciló entre 518.25 y 947 kg ha^{-1} (Cuadro 8). Díaz y Ortegón (2006) reportaron resultados similares a los obtenidos en esta investigación, mencionan que la fertilización foliar en canola no presentó efecto sobre el rendimiento de grano.

Las componentes de rendimiento que mostraron una influencia positiva sobre el rendimiento de grano fueron el número de silicuas por planta y el número de granos por silicua. Estos resultados son similares a los reportados por Angadi *et al*. (2003) que identificaron al número de silicuas por planta como el componente de rendimiento más importante en la producción de canola y Carrillo (2005) determinó que el número de granos por silicua tuvo un efecto directo sobre el rendimiento de grano.

4.3. Análisis económico

Los mayores costos de producción lo obtuvo el Testigo Regional con $ 9019.00 derivados por la mayor cantidad de fertilizante aplicado, con una reducción gradual en los productos evaluados de acuerdo al costo del fertilizante orgánico o biofertilizante; el menor costo correspondió al Testigo sin aplicación con $ 6545.00 (Cuadro 9).

Cuadro 8. Comparación de medias, nivel de significancia, diferencia mínima significativa (DMS) y rango para el rendimiento de grano cuantificado en los tratamientos evaluados en Nahuatzen, Michoacán durante el ciclo PV 2008.

No. Tratamiento	Tratamientos	µ	DMS (0.01)
1	**Testigo Regional**	**2421.00**	**A**
6	Humikam Plus	2155.25	B
5	Bioguano	2135.50	B
7	Azospirillum	2096.50	B
4	Ferti-Humix Plus	2070.75	B
3	Algamino	1726.50	C
2	***Testigo sin aplicar***	***1208.25***	***D***
	NS		0.01
	DMS		259.75
	µ	1973.39	
	Rango	1212.75	

NS = Nivel de significancia
µ = Valor medio

Cuadro 9. Costos de producción del cultivo de canola para cada tratamiento

CONCEPTO	Testigo Regional	Testigo Sin Aplic.	Algamino	Ferti-Humix Plus	Bioguano	Humikam Plus	Azosp.
Rastra	350	350	350	350	350	350	350
Surcado	350	350	350	350	350	350	350
Siembra	350	350	350	350	350	350	350
Escarda	300	300	300	300	300	300	300
Trat. semilla (Insecticida)	120	120	120	120	120	120	120
Semilla	700	700	700	700	700	700	700
Urea (90 y 60 N)	2322	1161	1161	1161	1161	1161	1161
S.F.C.Triple (80 y 60 P)	1652	1239	1239	1239	1239	1239	1239
Cloruro Potasio (60 K)	900	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Biofertilizante	0.00	0.00	180	90.00	240	64	38.50
Carga Sembradora	49.50	49.50	49.50	49.50	49.50	49.50	49.50
Aplicación Urea 2a. Fertilizada	150	150	150	150	150	150	150
Apl. Fertilizante Foliar	0.00	0.00	300	300	300	300	300
Deshierbe Manual	300	300	300	300	300	300	300
Cosecha	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Trasporte	375	375	375	375	375	375	375
TOTAL	**9019**	**6545**	**7025**	**6935**	**7084**	**6909**	**6883**

Los resultados del análisis económico, indicaron que el mayor Ingreso neto fue para el Humikam Plus con $ 8,176.00, la ganancia sobre el Testigo Regional fue del 3 %. El Bioguano, Azospirillum y Ferti-Humix Plus obtuvieron un ingreso neto ligeramente inferior al Testigo Regional con una disminución entre $ 60.00 y $ 366.00. La relación beneficio-costo indicó que el Humikam Plus, Azospirillum, Bioguano y Ferti-Humix Plus mostraron una ganancia de $ 0.30, $ 0.25, $ 0.23 y $ 0.21 sobre el testigo regional. El Testigo sin aplicar mostró el menor costo de cultivo, así como el rendimiento de grano menor, lo que resultó en la relación B/C más baja (Cuadro 10). Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Gómez y Cepeda (2007), ya que obtuvieron una ganancia de $ 4414.00 sobre el testigo bajo labranza convencional, al aplicar en canola bajo labranza reducida fertilizantes orgánicos en plena floración. Con estas prácticas agrícolas es posible contribuir a cuidar el medio ambiente a través de la disminución en la fertilización química, ya que la pequeña afectación en el rendimiento no influye en la relación beneficio-costo (Gómez y Cepeda, 2010)

En lo referente al punto de equilibrio, el Testigo Regional es el que requiere un rendimiento mayor para poder cubrir el costo de cultivo, mostró un incremento de 276 a 353 kg ha^{-1} en comparación con los tratamientos estudiados. El Azospirillum Humikam Plus y Ferti Humix Plus se ubicaron entre los tratamientos con los valores más bajos para el punto de equilibrio (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis económico por cada tratamiento evaluado en canola de temporal. Nahuatzen, Michoacán, ciclo P.V. 2008

No. Trat	Tratamiento	Costo Cultivo ($ ha^{-1})	Rend. Grano (kg ha^{-1})	Precio Compra ($ kg)	Ingreso Bruto ($ ha^{-1})	Ingreso Neto ($ ha^{-1})	Rel. B/C	Punto Equil. (kg ha^{-1})
1	**Tes. Regional**	**9019**	**2421**	**7.00**	**16947**	**7928**	**1.88**	**1288**
2	***Tes. sin aplicar***	***6545***	***1208***	***7.00***	***8456***	***1911***	***1.29***	***935***
3	Algamino	7025	1727	7.00	12089	5064	1.72	1004
4	Ferti-Humix Plus	6935	2071	7.00	14497	7562	2.09	991
5	Bioguano	7084	2136	7.00	14952	7868	2.11	1012
6	Humikam Plus	6909	2155	7.00	15085	8176	2.18	987
7	Azopirillum	6883	2097	7.00	14679	7796	2.13	983

V. CONCLUSIONES

1. Bajo labranza reducida, al disminuir la fertilización nitrogenada (50 %), fosfórica (25 %) y potásica (100 %) el rendimiento de grano se reduce de un 13 % hasta un 29 % con la aplicación de fertilizantes orgánicos o biofertilizante.

2. El Humikam Plus, Bioguano, Azospirillum y Ferti-Humix Plus fueron los tratamientos con las menores reducciones en rendimiento con respecto al testigo del 11, 12, 13 y 14 %, respectivamente.

3. Las variables con mayor influencia sobre el rendimiento de grano fueron el número de silicuas por planta y el número de granos por silicua.

4. El Humikam Plus, Azospirillum, Bioguano y Ferti-Humix Plus con reducción en la fertilización química mostraron la mayor relación beneficio-costo, con un incremento del 16, 13, 12 y 11 % sobre el Testigo Regional con la fertilización química completa.

VI.RECOMENDACIONES

Las condiciones edafoclimáticas que prevalecen en la comunidad de Nahuatzen, satisfacen perfectamente las necesidades del cultivo para condiciones de temporal.

Aplicar fertilizantes orgánicos y biofertilizante en el cultivo de canola para potencializar las características morfológicas y fisiológicas de este cultivo.

Se recomienda establecer el cultivo de canola bajo labranza reducida con el 50 % (N), 25 % (P) y 100 % (K) menos de fertilizante químico y complementar nutricionalmente con el Humikam Plus o Azospirillum o Bioguano o Ferti-Humix Plus, con a fin de evitar el deterioro del suelo y del medio ambiente, así como para obtener un rendimiento superior a dos toneladas por hectárea y una buena relación beneficio costo.

VII. BIBLIOGRAFIA

Aguilar, F.P. 2007. Canola, Una excelente alternativa para la conversión productiva en valles altos de México. Comité nacional sistema-producto oleaginosas. http://www.oleaginosas.org/art_122.shtml.

Ali, M.H., S.M.A. Zaman, S.M.A. Hossain. 1996. Variation in yield, oil and protein content of rapeseed (*Brassica campestris*) in relation to levels of nitrogen, sulphur and plant density. Indian J. Agron. 41: 290-295.

Álvarez, V.V.H. 1982. Efecto de los factores cantidad, intensidad y capacidad amortiguadora de fosfatos en la evaluación del fósforo disponible, de suelos derivados de cenizas volcánicas de la Meseta Tarasca, Michoacán. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Angadi, S.V., H.W. Cutfoth, B.G. McConkey, Y. Gan. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. Crop Sci. 43: 1358-1366.

Bashan, Y., G. Holguin. 1997. Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996), Canadian Journal of Microbiology 43, 103-121.

Berglund, D.R. 2004. Canola variety trials (2003). North Dakota State Univ. Ext. Serv. Bull. A-1124. Fargo,ND.

Bocco, G., A. Velásquez y A. Torres. 2000. Ciencia, Comunidades indígenas y manejo de recursos naturales. Un caso de investigación participativa en México. INTERCIENCIA. 25 (2): 64-70.

Canola Council of Canada. 2002. Weather and Crop Forecast [Online]. Disponible en www.canola-council.org/stats/canolaprices.htm [Accesado el 12 de diciembre de 2010].

Cardini, J. 1993. Guía práctica de siembra directa en cultivos forrajeros. Buenos Aires, Argentina. 25 p.

Carrillo, P.L. 2005. Efecto de los bioactivadores en la producción de grano y aceite en canola de temporal. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 7. 98 p.

Cardona, B.D.J. 1988. Fertilización edáfica y foliar en Amaranto (*Amaranthus hoypchondriacus* L.) tipo mercado. Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Montecillo, Méx.

Castillo, T.N. 2008. El cultivo de canola en México**.** Comité nacional sistema-producto oleaginosas. http://www.oleaginosas.org/art_196.shtml**.**

Cepeda, V.M.A., B.L. Gómez L., E. Venegas G. y F. Bahena J. 2005.Tecnología para producir canola de riego en el ciclo otoño – invierno. Desplegable para productores Nº 17. INIFAP – CENAPROS. Morellia, Michoacán, México. 4 p.

Chonay, P.J.J. 1981. Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por *Rhizobium phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Chapingo, Méx.

CONASIPRO. 2008. El cultivo de canola en Mexico 2008 http://www.oleaginosa.org/art_196.sshtml.

Cordo, H.A., G. Lograzo, K. Braun, O. Di Iorio. 2004. Catálogo de insectos fitófagos de la Argentina y sus plantas asociadas. Sociedad Entomológica Argentina Ediciones. Buenos Aires. Argentina. 734 pp.

COSUSTENTA. 2010. WWW.COSUSTENTA.COM [Accesado el 12 de diciembre de 2010].

Díaz, F.A., M.A. Ortegón S. 2006. Efecto de inoculación con *Azospirillum brasilense* y fertilización química en el crecimiento y rendimiento de canola (*Brassica napus*). Revista Fitotecnia Mexicana. 29: 63-67.

DIGETENAL. 1985. Dirección de Geografía y Estadística del Territorio Nacional. Carta Estatal de Climas de Michoacán. México, DF.

Dobbelaere, S., A. Croonenborghs, A. Thys, D. Ptacek, J. Vanderleyden, P. Dutto, C. Labandera-Gonzáles, J. Caballero-Mellado, J.F. Aguirre, Y. Kapulnik, S. Brener, S. Burdman, D. Kadouri, S. Sarig, Y. Okon. 2001. Responses of agronomically important crops to inoculation with Azospirillum. Aust. J. Plant Physiol. 28: 871-879.

Espinoza, J. 2004. Fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. Informaciones Agronómicas. 55: 5-8.

FAO. 1992. Manual de Sistemas de Labranza para América Latina. Boletín de Suelos de la FAO No. 66.194 p.

FAO. 2006. Incrementar la productividad del agua. Claridades Agropecuarias. No. 150:29-30.

Figueroa, B. y F. Morales. 1992 Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Postgraduados. SAHR. 273 p.

Fregoni, M. 1986. Some aspects of epigean nutrition of grapevines. pp. 205-21 1. *In:* A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.

Galván, C. F. 2008. La labranza de conservación en Guanajuato. Nota Editorial. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Gobierno del Estado de Guanajuato. 3 p.

García, A. M. A. 1993. Aplicación de cal en el cultivo de trigo de Temporal en suelos de ando de la Meseta Purepecha. Ed. Instituto tecnológico agropecuario N.7. Tesis. Michoacán, México.

García, E., Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana), México, D.F., 1973. 2ª Edición. UNAM, Instituto de Geografía. 246 p.

Gómez, L.B.L., M.A. Cepeda V. 2009. Evaluación del Guanofol en diferentes épocas y dosis de aplicación en el cultivo de canola (*Brassica napus* L.) bajo condiciones de temporal en Nahuatzen, Mich. Informe Técnico. INIFAP-CIRPAC-C.E. Uruapan. 20 p.

Gómez, L.B.L., M.A. Cepeda V. 2007. Reducción de la fertilización nitrogenada mediante la labranza reducida y carbonato de calcio en canola de temporal en Michoacán, México. IX Simposio Internacional y IV Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. X Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Veracruz, México. p. 284.

Gómez, L.B.L., M.A. Cepeda V. 2010. Guano de murciélago para disminuir la fertilización química en canola de temporal en la Meseta Purhépecha. 2° Congreso Nacional de Mitigación de Daño Ambietal en el Sector Agropecuario de México. Memoria Científica.Morelia, Michoacán. pp. 103-110.

Gómez, N. 2003. Cambios en la duración de las etapas vegetativa y reproductiva en respuesta al fotoperiodo en colza-canola. Servicio de Información Agronómica (Virtual). Facultad de Agronomía. UBA.

González, Q.J., A. Ortegón M. 2006. Oleaginosas. *In:* Rodríguez del Bosque, L. (ed.). Campo Experimental Río Bravo: 50 Años de Investigación en el Norte de Tamaulipas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Noreste, Campo Experimental

Río Bravo, Río Bravo. Tamaulipas, México. p. 109–132. (Libro Técnico Núm. 1)

Gutiérrez, C. Ma. Del C. 1997. Los suelos de la ribera oriental del ex lago de Texcoco (macro y micromorfología). Tesis de Doctorado. Especialidad de Edafología. Colegio de Postgraduados. México.

Herrel, A., P. Aerts, F. De Vree. 1998. Ecomorphology of the lizard feeding apparatus: a modeling approach. Neth. J. Zool. 48, 1-25.

INEGI, 2001. Anuario de datos geográficos y climáticos del estado de Michoacán. http://www.inegi.org.mx/ [Accesado el 8 de octubre de 2010].

INTA, 2008. Canola: la vedett del invierno. www.lanueva.com/edicion_impresa/nota/18/05/2008/85i158.html.

Iriarte, L. 2007. Producción de Canola en el Centro Sur Bonaerense, Chacra Experimental Integrada Barrow - Convenio INTA – MAAyP.

Jyung, W.H., S.H. Wittwer. 1964. Foliar absorption-an active uptake process. Amer. J. Bot. 51: 437-444.

Kovacs, G. 1986. The importance of environmental, plant and spray characteristics for any foliar nutrition programme to be successful. pp. 26-43. *In*: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.

Lascashire, P. D., and H. Bleiholder, R. Langeluddecke, T. Status, E. Vandenboom-Weber, A. Witzen-Berber. 1991. An uniform decimal code stages of crops and weeds. Ann. Appl. Biol. 119: 561-60.

Maringa, I.K., M. Jonga, O.A. Chivinge. 2000. The effect of timing of application of basal and topdressing fertilizers on maize (*Zea mays* L.) yield at two rates of basal fertilizers. Crop Research Hisar. 20(3): 372-380.

Martínez, R. 2002. Efectividad de biopreparados a base de *Azotobacter chrooococcum* en la Agricultura Orgánica. En: Encuentro de Agricultura Orgánica. (6:2001). La Habana, cuba.

Mejía, G. 1995. Agricultura para la vida: Movimientos alternativos frente a la agricultura química. Feriva, Cali, Colombia. 252 p.

Momoh, E.J.J., W. Zhou. 2001. Growth and yield responses to plant density and stage of transplanting in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agron. Crop Sci. 186: 253-259.

Moreno, G. G. 2010. Aplicación de biofertilizantes a base de bacterias fijadoras de Nitrogeno en cultivos básicos. Tesis de licenciatura, Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. pp 15-17

Morrison, M.J., P.B. McVetty E, R. Scarth, 1990. Effect of altering plant density on growth characteristics of summer rape. Can. J. Plant Sci. 70: 139-149.

Mortvedt, J.J., P.M. Giordano, W.L. Lindsay. 1972. Micronutrients in agriculture. SSSA, Inc. Madison, Wis.

Muñoz, V.S., A. Morales C., E.J. Ortiz E., J.M. Cortez J., E. contreras de la C. 2000. Guía para producir canola en el sur de sonora.

Obrador, O.J.J. 1994. Validación de parámetros de planta y clima que se utilizan en un modelo simplificado destinado a determinar dosis de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio para maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de postgraduados, Montecillo, Méx., México. 280 p.

Olarte-Ortiz, O., G. Almaguer-Vargas, E.J. Espinoza R. 2000. Efecto de la fertilización foliar en el estado nutrimental, la fotosíntesis, la concentración de carbohidratos y el rendimiento en naranjo “Valencia Late”. TERRA. 18: 339-348.

Olivares, S.E.1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL version 25. Facultad de Agronomia UANL. Marin, N.L.

Ortegón, M.A.S., F. Díaz A., L.A. Ramírez A. 2006. Rendimiento y calidad de semilla de variedades e híbridos de canola en el norte de Tamaulipas, México. Rev. Fitotec. Mex. 29: 181-186.

Ortegón-Morales, A.S., A. Díaz-Franco, J. González-Quintero. 2007. Cultivares de canola y su interacción con el ambiente y método de siembra. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 23: 21-28.

Ozer, H. 2003. The effect of plant population densities on growth, yield and yield components of two spring rapessed cultivars. Plant Soil Envirom. 49: 422-426.

Pape, T.H., D. Legger. 1994. Manual for soil description and classification. Department of Soil Science and Geology. Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

PARÉS, A. (1979): “Rentabilidad y endeudamiento en el análisis financiero y la planificación empresarial”, *Moneda y* Pérez I., C. 1988. Fertilización foliar de macro y micronutrientes en un Andosol de la Sierra Tarasca, Michoacán. Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Montecilllo, Méx.

Pérez, I.C. 1988. Fertilización foliar de macro y micronutrientes en un Andosol de la Sierra Tarasca, Michoacán. Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Montecilllo, Méx.

Pastrana, J.A. 2004. *Los Lepidópteros Argentinos*. Sociedad Entomológica Argentina Ediciones. San Miguel de Tucumán, Argentina. 334 pp.

Ramírez, P.D. 2000. Contabilidad administrativa. (5ed.) México. Editorial Mac Graw Hill.

Ramos, A. 2007. Urgen un programa para frenar erosión. Periódico Reforma. Noticia 54. México.

Rengel, R.L. 2002. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en maíz (*Zea mays* L.) en Venezuela. Informaciones Agronómicas. 53: 5-8.

Roberts, T.L. 2002. Fertilidad del suelo, altos rendimiento y rentabilidad. Informaciones Agronómicas. 46: 6-10.

Robles, S. R. 1991. Producción de oleaginosas y textiles. Tercera Edición. Limusa, México. pp. 417-422.

Romheld V., M. El-Fouly. 2002. Aplicación foliar de nutrientes: retos y limites en la producción agrícola. Informaciones Agronómicas. 48:10-14.

Sagaón, M. A. 2008. Biofertilización Aplicada al Cultivo de Canola (*Brassica napus L.*) Bajo el Régimen de Temporal en el Municipio de Nahuatzen, Michoacán. Tesis de licenciatura, Buenavista, saltillo, Coahuila, México. pp. 22-57.

SIAP, 2009. SIAP - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SAGARPA - Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México. www.siap.gob.mx/

Sierra, B.C. 1990. Fertilidad de los suelos en cero labranza. pp. 196-211. *In:* Primeras jornadas binacionales de cero labranza. Sociedad de Conservación de Suelos de Chile. Florida, Chile.

Shoji, S., M. Nanzio, R.A. Dahlgren, P. Quantin. 1996. Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosols in the World Reference Base for Soil Resources. Soil Sci. 161: 605-615.

Solórzano, P.R. 2003. Crecimiento y nutrición del arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela. Informaciones Agronómicas. 51: 1-4.

Steel, R.G.D., J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. 2a Edition. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.

Swietlik, D., M. Faust. 1984. Foliar nutrition of fruit crops. pp. 287-355. *In:* J Janik (ed.). Horticultural reviews. Vol. 6. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. USA.

Tamagno, L.N., A. Chamorro M., S. Saradón J.1999. Aplicación fraccionada de nitrógeno en colza (*Brassica napus* L. ssp *oleifera* forma *annua*). Efectos sobre el rendimiento y la calidad de la semilla. Rev. Fac. Agron., La Plata 104: 25-34.

Thomas, P. 2003: Canola growers manual. Canola Council of Canadá. pp 502-514.

Tisdale, S.W., W.L. Nelson, J.D.Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. MacMillan Publishing Co. New York, NY. USA.

Triccó, H. 2007. El cultivo de Canola: un aliado para la actividad apícola www.sada.org.ar/Articulos/Actualidad/cultivo_de_canola.htm.

Trinidad, S.A., R. Núñez E y F. Baldovinos de la P. 1971. Aplicaciones foliares de Fe, Mn, Zn y Cu en los árboles de durazno. Memorias del V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Guadalajara, Jal.

Trinidad, S.A., M. Aguilar D.1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. TERRA. 17: 247-255.

Turrent, F.A.1986. Estimación del potencial productivo actual de maíz y fríjol en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.

Zuñiga, G.J. ,L. Camacho R., S. Uribe G., N. Francisco N., F. Turrent A.1993. Terrazas de muro vivo para sustentar la productividad en terrazas agrícolas de ladera. Folleto técnico No. 6, SARH, INIFAP. 29 p.

PAGINAS WEB

http://www.ayuntaweb.info/nahuatzen/sobre.htm. Introducción de Nahuatzen. H. Ayuntamiento Consitucional de Nahuatzen. [Accesado el 8 de octubre de 2010].

http://www.crecenegocios.com/el-punto-de-equilibrio, 2009.

http://www. es.mimi.hu/economia/costo_de_produccion.htm., 2009.

http://www.ferti-micro.com.mx, 2010.

A N E X O S

Análisis de varianza por cada Variable

Anexo 1**.** Análisis de varianza para densidad de plantas.

FV	GL	SC	CM	F	F>F
TRATAMIENTOS	6	129.857422	21.642904	4.2676	0.008
BLOQUES	3	9.714844	3.238281	0.6385	0.603
ERROR	18	91.285156	5.071398		
TOTAL	27	230.857422			

Anexo 2. Análisis de varianza para el número de silicuas por planta.

FV	GL	SC	CM	F	F>F
TRATAMIENTOS	6	99286.875	16547.8125	37.6580	0.000
BLOQUES	3	644.875	214.9584	0.4892	0.698
ERROR	18	7909.625	439.4236		
TOTAL	27	107841.375			

Anexo 3. Análisis de varianza para el número granos por silicua.

FV	GL	SC	CM	F	F>F
TRATAMIENTOS	6	110.2148	18.3691	5.3024	0.003
BLOQUES	3	4.3926	1.4642	0.42227	0.724
ERROR	18	62.3574	3.4643		
TOTAL	27	176.9648			

Anexo 4. Análisis de varianza para el peso de mil granos.

FV	GL	SC	CM	F	F>F
TRATAMIENTOS	6	2.0301	0.3383	2.3620	0.073
BLOQUES	3	0.0041	0.0014	0.0094	0.998
ERROR	18	2.5784	0.1432		
TOTAL	27	4.6125			

Anexo 5. Análisis de varianza para el rendimiento de grano.

FV	GL	SC	CM	F	F>F
TRATAMIENTOS	6	3722944	620490.6875	38.0866	0.000
BLOQUES	3	73488	24496.0000	1.5036	0.247
ERROR	18	293248	16291.5557		
TOTAL	27	4089680			

Costo de producción del cultivo canola para cada tratamiento.

Anexo 6. Costo de producción del Testigo Regional sin aplicación.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	COSTO UNITARIO ($)	COSTO TOTAL ($ ha^{-1})
RASTRA	**ha**	1	350.00	350.00
SURCADO	**ha**	1	350.00	350.00
SIEMBRA	**ha**	1	350.00	350.00
ESCARDA	**ha**	1	300.00	300.00
TRAT. SEMILLA (INSECTICIDA)	**L**	0.40	300.00	120.00
SEMILLA	**kg**	3.50	200.00	700.00
UREA (90 N)	**kg**	260.90	8.90	2322.01
S.F.TRIPLE.C. (60 P)	**kg**	173.91	9.50	1652.15
CLORURO POTASIO	**kg**	100.00	9.00	900.00
CARGA SEMBRADORA	**jornal**	0.33	150.00	49.50
APLIC. UREA 2a. Fertilizada	**jornal**	1	150.00	150.00
DESHIERBE	**jornal**	2	150.00	300.00
COSECHA	**ha**	1	1100.00	1100.00
TRANSPORTE	**t**	2.5	150.00	375.00
TOTAL				**9018.66**

Anexo 7**.** Costo de producción del Testigo sin aplicación.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	COSTO UNITARIO ($)	COSTO TOTAL ($ ha^{-1})
RASTRA	**ha**	1	350.00	350.00
SURCADO	**ha**	1	350.00	350.00
SIEMBRA	**ha**	1	350.00	350.00
ESCARDA	**ha**	1	300.00	300.00
TRAT. SEMILLA (INSECTICIDA)	**L**	0.4	300.00	120.00
SEMILLA	**kg**	3.5	200.00	700.00
UREA (60 N)	**kg**	130.44	8.90	1161.00
S.F.TRIPLE.C. (60 P)	**kg**	130.44	9.50	1239.00
CARGA SEMBRADORA	**jornal**	0.33	150.00	49.50
APLIC. UREA 2a. Fertilizada	**jornal**	1.0	150.00	150.00
DESHIERBE	**jornal**	2.0	150.00	300.00
COSECHA	**ha**	1	1100.00	1100.00
TRANSPORTE	**t**	2.5	150.00	375.00
TOTAL				**6544.50**

Anexo 8. Costo de producción del cultivo de canola con Aplicación de Algamino.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	COSTO UNITARIO ($)	COSTO TOTAL ($ ha^{-1})
RASTRA	**ha**	1	350.00	350.00
SURCADO	**ha**	1	350.00	350.00
SIEMBRA	**ha**	1	350.00	350.00
ESCARDA	**ha**	1	300.00	300.00
TRAT. SEMILLA (INSECTICIDA)	**L**	0.4	300.00	120.00
SEMILLA	**kg**	3.5	200.00	700.00
UREA (60 N)	**kg**	130.44	8.90	1160.92
S.F.TRIPLE.C. (60 P)	**kg**	130.44	9.50	1239.18
Fert. F ALGAMINO	**L**	1	180.00	180.00
CARGA SEMBRADORA	**jornal**	0.33	150.00	49.50
APLIC. UREA 2a. Fertilizada	**jornal**	1.0	150.00	150.00
APLIC. FERTILIZANTE FOLIAR	**jornal**	2.0	150.00	300.00
DESHIERBE	**jornal**	2.0	150.00	300.00
COSECHA	**ha**	1	1100.00	1100.00
TRANSPORTE	**t**	2.5	150.00	375.00
TOTAL				**7024.60**

Anexo 9. Costo de producción del cultivo de canola con Aplicación de Ferti- Humix Plus.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	COSTO UNITARIO ($)	COSTO TOTAL ($ ha^{-1})
RASTRA	**ha**	1	350.00	350.00
SURCADO	**ha**	1	350.00	350.00
SIEMBRA	**ha**	1	350.00	350.00
ESCARDA	**ha**	1	300.00	300.00
TRAT. SEMILLA (INSECTICIDA)	**L**	0.4	300.00	120.00
SEMILLA	**kg**	3.5	200.00	700.00
UREA (60 N)	**kg**	130.44	8.90	1160.92
S.F.TRIPLE.C. (60 P)	**kg**	130.44	9.50	1239.18
Fert. F. Ferti Humix Plus	**L**	2	45.00	90.00
CARGA SEMBRADORA	**jornal**	0.33	150.00	49.50
APLIC. UREA 2a. Fertilizada	**jornal**	1.0	150.00	150.00
APLIC. FERTILIZANTE FOLIAR	**jornal**	2.0	150.00	300.00
DESHIERBE	**jornal**	2.0	150.00	300.00
COSECHA	**ha**	1	1100.00	1100.00
TRANSPORTE	**t**	2.5	150.00	375.00
TOTAL				**6934.60**

Anexo 10. Costo de producción del cultivo de canola con Aplicación de Bioguano.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	COSTO UNITARIO ($)	COSTO TOTAL ($ ha^{-1})
RASTRA	**ha**	1	350.00	350.00
SURCADO	**ha**	1	350.00	350.00
SIEMBRA	**ha**	1	350.00	350.00
ESCARDA	**ha**	1	300.00	300.00
TRAT. SEMILLA (INSECTICIDA)	**L**	0.4	300.00	120.00
SEMILLA	**kg**	3.5	200.00	700.00
UREA (60 N)	**kg**	130.44	8.90	1160.92
S.F.TRIPLE.C. (60 P)	**kg**	130.44	9.50	1239.18
Fert. F. BIOGUANO	**L**	2	120.00	240.00
CARGA SEMBRADORA	**jornal**	0.33	150.00	49.50
APLIC. UREA 2a. Fertilizada	**jornal**	1.0	150.00	150.00
APLIC. FERTILIZANTE FOLIAR	**jornal**	2.0	150.00	300.00
DESHIERBE	**jornal**	2.0	150.00	300.00
COSECHA	**ha**	1	1100.00	1100.00
TRANSPORTE	**t**	2.5	150.00	375.00
TOTAL				**7084.60**

Anexo 11. Costo de producción del cultivo de canola con Aplicación de Humikam Plus.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	COSTO UNITARIO ($)	COSTO TOTAL ($ ha^{-1})
RASTRA	**ha**	1	350.00	350.00
SURCADO	**ha**	1	350.00	350.00
SIEMBRA	**ha**	1	350.00	350.00
ESCARDA	**ha**	1	300.00	300.00
TRAT. SEMILLA (INSECTICIDA)	**L**	0.4	300.00	120.00
SEMILLA	**kg**	3.5	200.00	700.00
UREA (60 N)	**kg**	130.44	8.90	1160.92
S.F.TRIPLE.C. (60 P)	**kg**	130.44	9.50	1239.18
Fert. F. Humikam Plus	**g**	200	0.32	64.00
CARGA SEMBRADORA	**jornal**	0.33	150.00	49.50
APLIC. UREA 2a. Fertilizada	**jornal**	1.0	150.00	150.00
APLIC. FERTILIZANTE FOLIAR	**jornal**	2.0	150.00	300.00
DESHIERBE	**jornal**	2.0	150.00	300.00
COSECHA	**ha**	1	1100.00	1100.00
TRANSPORTE	**t**	2.5	150.00	375.00
TOTAL				**6908.60**

Anexo 12. Costo de producción del cultivo de canola con Aplicación de *Azospirillum brasilense*.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD (ha)	COSTO UNITARIO ($)	COSTO TOTAL ($ ha^{-1})
RASTRA	**ha**	1	350.00	350.00
SURCADO	**ha**	1	350.00	350.00
SIEMBRA	**ha**	1	350.00	350.00
ESCARDA	**ha**	1	300.00	300.00
TRAT. SEMILLA (INSECTICIDA)	**L**	0.4	300.00	120.00
SEMILLA	**kg**	3.5	200.00	700.00
UREA (60 N)	**kg**	130.44	8.90	1161.00
S.F.TRIPLE.C. (60 P)	**kg**	130.44	9.50	1239.00
Fert. F AZOSPIRILLUM	**g**	350	0.11	38.50
CARGA SEMBRADORA	**jornal**	0.33	150.00	49.50
APLIC. UREA 2a. Fertilizada	**jornal**	1.0	150.00	150.00
APLIC. FERTILIZANTE FOLIAR	**jornal**	2.0	150.00	300.00
DESHIERBE	**jornal**	2.0	150.00	300.00
COSECHA	**ha**	1	1100.00	1100.00
TRANSPORTE	**t**	2.5	150.00	375.00
TOTAL				**6883.00**

Anexo 13. Descripción de las fases o etapas y estados fenológicos del desarrollo de la planta de canola en la escala de Lancashire *et al*., (1991).

E[(1)]	DESCRIPCIÓN	E[(1)]	DESCRIPCIÓN
0	**Germinación**	**6**	**Floración**
00	Semilla seca	61	La inflorescencia principal se alarga, 10 % de flores abiertas
01	Comienzo de la imbibición de la semilla	62	20 % de las flores abiertas
03	Imbibición de la semilla, completa	63	30 % de las flores abiertas
05	Salida de la radícula de la semilla	64	40 % de las flores abiertas
07	Hipocótilo, cotiledones fuera de la semilla	65	Plena floración:50 % de las flores abiertas, caen los pétalos de las flores más viejas
08	Hipocótilo, cotiledones creciendo hacia la superficie del suelo	67	La floración decae: la mayoría de los pétalos se han caído
09	Emergencia: cotiledones traspasan la superficie del suelo	69	Fin de floración
1	**Desarrollo de las hojas**	**7**	**Formación de fruto**
10	Cotiledones, completamente desplegados	71	10 % de las silicuas tienen su tamaño final
11	1ª hoja desplegada	72	20 % de las silicuas tienen su tamaño final
12	2 hoja desplegada	73	30 % de las silicuas tienen su tamaño final
13	3 hojas desplegadas	74	40 % de las silicuas tienen su tamaño final
1.	Los estadios continúan hasta …….	75	50 % de las silicuas tienen su tamaño final
19	9 o más hojas desplegadas	76	60 % de las silicuas tienen su tamaño final
		77	70 % de las silicuas tienen su tamaño final
2	**Formación de brotes laterales**	78	80 % de las silicuas tienen su tamaño final
21	Se detecta el 1er brote lateral	79	Casi todas las silicuas han alcanzado su tamaño final
22	Se detectan 2 brotes laterales		
23	Se detectan 3 brotes laterales	**8**	**Maduración de frutos y semillas**
2.	Los estadios continúan hasta …….	80	Comienzo de la maduración: Semillas verdes
29	Se detectan 9 o más brotes laterales	81	10 % silicuas maduras: semillas negras y duras
		82	20 % silicuas maduras
3	**Crecimiento longitudinal del tallo**	83	30 % silicuas maduras
31	1 entrenudo perceptible	84	40 % silicuas maduras
32	2 entrenudos perceptibles	85	50 % silicuas maduras
33	3 entrenudos perceptibles	86	60 % silicuas maduras
3.	Los estadios continúan hasta …….	87	70 % silicuas maduras
39	9 o más entrenudos perceptibles	88	80 % silicuas maduras
		89	Madurez completa: casi todas las semillas maduras
5	**Aparición del órgano floral**		
51	Botones florales visibles desde arriba (botón verde)	**9**	**Senescencia**
52	Botones florales libres; al mismo nivel de las hojas más jóvenes	91	Semillas duras y negras con una humedad entre el 10 y 12 %, se realiza la cosecha
53	Botones florales sobrepasan las hojas más jóvenes	97	Planta muerta y seca
55	Botones florales individuales visibles pero aún cerrados (inflorescencias secundarias)	99	Partes cosechadas (estadio para señalar tratamientos de post-cosecha)
57	Botones florales individuales visibles pero aún cerrados (inflorescencias secundarias)		
59	Primeros pétalos, visibles; botones florales aún cerrados (botón amarillo)		

E[(1)] Es el estado fenológico del cultivo, el cual se determina cuando el 50 % de las plantas presentan las características de dicho estado y generalmente se toma en el tallo principal.