



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GENÉTICA

**TIEMPO DE ALMACENAMIENTO Y SU EFECTO
SOBRE LA CALIDAD EN SEMILLA DE
CANOLA (*Brassica napus* L.)**

FRANCISCO JAVIER MANJARREZ JUÁREZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

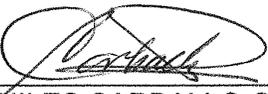
MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2016

La presente tesis titulada: **TIEMPO DE ALMACENAMIENTO Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD EN SEMILLA DE CANOLA (*Brassica napus L.*)** realizada por el alumno: Francisco Javier Manjarrez Juárez, bajo la dirección del consejo particular indicado, fue aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO	 _____ Dr. AQUILES CARBALLO CARBALLO
ASESOR	 _____ MC. JULIO ARTURO ESTRADA GÓMEZ
ASESOR	 _____ Dr. HUMBERTO VAQUERA HUERTA
ASESOR	 _____ Dr. FERNANDO CASTILLO GONZÁLEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre del 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me han brindado su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras están en mis recuerdos y en el corazón. Sin importar en donde estén quiero darles las gracias por todo lo que me han brindado. De igual forma a mi Institución el Colegio de Postgraduados por mi formación y los momentos agradables durante mi estancia.

A Dios: por darme la vida y lo que con su voluntad he logrado, así mismo por permitirme disfrutar de la maravillosa familia a la cual pertenezco.

Al Dr. AQUILES CARBALLO CARBALLO: por el apoyo recibido durante estos años, para la realización de esta investigación.

Al MC. ARTURO ESTRADA GÓMEZ: por sus consejos y apoyo para culminar con mis estudios.

Al Dr. HUMBERTO VAQUERA HUERTA: por su invaluable colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. FERNANDO CASTILLO GONZÁLEZ: por su apoyo en la revisión de este trabajo.

A la MC. ROCIO S. DIAZ HUACUZ: por su gran contribución y apoyo en el desarrollo de este documento.

Al DR. LUIS FERNANDO FLORES LUI: por su amplia colaboración en la elaboración de este trabajo

Al Dr. JORGE A. ACOSTA GALLEGOS: por su orientación técnica en este trabajo.

A la Dra. MARÍA ELENA RAMÍREZ: por las recomendaciones emitidas en la culminación de este documento.

Al Dr. MIGUEL ÁNGEL ÁVILA PERCHES: por sus recomendaciones para el análisis de los resultados.

Al Dr. ALFREDO JOSUE GÁMEZ VÁZQUEZ: por su apoyo en el análisis de los resultados.

A EVA CLAUDIA MARTÍNEZ BERMÚDEZ: por su apoyo en la concentración e integración de correcciones de esta tesis.

DEDICATORIA

A mis Padres:

Silvia Juárez Mejía† y Eduardo Manjarrez Téllez†.

A mi esposa e hijo:

Roció Díaz Huacuz y Javier Manjarrez Díaz.

A mis hermanos:

Eduardo, Sandra, Beatriz, Marco Antonio y Jorge.

A mis ahijados:

Artemiza, Beatriz, Rafael, Karla, Marco, Elizabeth, Edgar, Adriana y Emiliano.

A mis sobrinos:

Gersson, Eder, Marco Antonio, Jorge, Maira y Daniela.

A mis suegros:

Rubén y Carolina

A toda mi familia:

Por compartir conmigo la felicidad.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE A.....	x
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE B.....	xi
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE C.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen, descripción e importancia de la canola.....	4
2.1.1 Origen.....	4
2.1.2 La planta.....	5
2.2 Productos y usos.....	5
2.2.1 Producción.....	5
2.2.2 Usos de la canola.....	7
2.3 Calidad de semilla.....	8
2.3.1 Calidad genética.....	9
2.3.2 Calidad física.....	10
2.3.2.1 Pureza física.....	10

2.3.2.2	Peso de mil semillas.....	10
2.3.2.3	Peso hectolítrico.....	11
2.3.2.4	Humedad.....	11
2.3.2.5	Dureza de grano.....	11
2.3.2.6	Tamaño de semilla.....	12
2.3.3	Calidad fisiológica.....	13
2.3.3.1	Germinación.....	13
2.3.3.2	Viabilidad.....	14
2.3.3.3	Índice de velocidad de emergencia.....	14
2.3.3.4	Emergencia total de plántulas.....	15
2.3.3.5	Vigor.....	15
2.3.4	Calidad fitosanitaria.....	18
2.4	Antecedentes del almacenamiento de semillas.....	18
2.4.1	Almacenamiento de granos de canola.....	19
2.4.2	Almacenamiento de semilla de canola.....	19
2.4.3	Factores que afectan a la semilla en almacén.....	19
2.4.4	Longevidad de la semilla en almacenamiento.....	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1	Material genético.....	22
3.2	Localización del experimento.....	22
3.3	Desarrollo experimental.....	23
3.4	Diseño experimental.....	24
3.5	Pruebas de germinación (GER).....	24
3.6	Viabilidad (VIA).....	25
3.7	Índice de velocidad de emergencia (IVE).....	25

3.8	Emergencia total (EMERT).....	25
3.9	Peso de mil semillas (PMS).....	26
3.10	Peso volumétrico (PVOL).....	27
3.11	Análisis estadístico de la información.....	27
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1	Comparación entre variedades introducidas (Hyola 401 y Monty) y variedades locales (Aztecan y Canomex).....	29
4.2	Germinación y Viabilidad.....	29
4.2.1	Germinación.....	30
4.2.2	Viabilidad.....	31
4.3	Índice de Velocidad de Emergencia y Emergencia Total.....	34
4.3.1	Índice de Velocidad de Emergencia.....	34
4.3.2	Emergencia Total.....	36
4.4	Peso de Mil Semillas y Peso Volumétrico.....	37
4.4.1	Peso de Mil Semillas.....	38
4.4.2	Peso Volumétrico.....	40
4.5	Análisis de correlaciones simples.....	45
4.6	Análisis de dispersión.....	46
4.7	Análisis conglomerado.....	47
V.	CONCLUSIONES.....	50
VI.	LITERATURA CITADA.....	51

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Variedades de canola (<i>Brassica napus</i> L.) producidas en los ciclos primavera verano 2007 a 2012.....	22
Cuadro 2. Prueba de medias para la germinación (%) de variedades introducidas y variedades locales de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.....	30
Cuadro 3. Prueba de medias para Viabilidad (%) de variedades introducidas y variedades locales de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.....	32
Cuadro 4. Prueba de medias para el Índice de Velocidad de Emergencia de variedades introducidas y variedades locales de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.....	35
Cuadro 5. Prueba de medias para la Emergencia Total (%) de variedades introducidas y variedades locales de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.....	36
Cuadro 6. Prueba de medias para el Peso de Mil Semillas (g) de variedades introducidas y variedades locales de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.....	38
Cuadro 7. Prueba de medias para el Peso Volumétrico (kg hL ⁻¹) de variedades introducidas y variedades mexicanas de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.....	40
Cuadro 8. Coeficientes de correlación y significancia estadística entre variables de calidad de semilla evaluadas en cuatro variedades de canola.....	45

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Dispersión de las variedades de canola evaluadas en características de calidad de la semilla	47
Figura 2. Distancia por similitud en calidad de semilla, entre cuatro variedades de canola.....	48

LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE A

	Página
Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Germinación (GER) y Viabilidad (VIA) en la comparación entre variedades locales y variedades introducidas de canola; 2013....	57
Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Índice de velocidad de emergencia (IVE) y Emergencia Total (EMERT) en la comparación entre variedades locales e introducidas de canola; 2013.....	57
Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Peso de Mil Semillas (PMS) y Peso Volumétrico (PV) en la comparación entre variedades locales y variedades introducidas de canola; 2013.....	57
Cuadro 4. Vectores característicos y proporción de la varianza explicada por los dos primeros componentes principales (CP) en el estudio de semillas de cuatro variedades de canola; 2013.....	58

LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE B

	Página
Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Germinación y Viabilidad de la semilla en la comparación de dos variedades de canola, Hyola 401 y Monty; 2013.....	60
Cuadro 2. Prueba de medias para la germinación de variedades de canola introducidas; 2013.....	60
Cuadro 3. Prueba de medias para la viabilidad de dos variedades introducidas de canola; 2013.....	60
Cuadro 4. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) y Emergencia Total (EMERT) en la comparación de variedades introducidas de canola Hyola 401 y Monty; 2013.....	61
Cuadro 5. Prueba de medias para el Índice de Velocidad de Emergencia en variedades introducidas de canola; 2013.....	61
Cuadro 6. Prueba de medias para la Emergencia Total en variedades introducidas de canola; 2013.....	61
Cuadro 7. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Peso de mil semillas (PMS) y Peso volumétrico (PV) en la comparación de variedades introducidas de canola Hyola 401 y Monty; 2013.....	62
Cuadro 8. Prueba de medias para el Peso de Mil Semillas en variedades introducidas de canola; 2013.....	62
Cuadro 9. Prueba de medias para el Peso Volumétrico de variedades introducidas de canola; 2013.....	62

LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE C

	Página
Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Germinación (GER) y Viabilidad (VIA) en la comparación entre variedades locales de canola, Aztecan y Canomex; 2013.....	64
Cuadro 2. Prueba de medias para la germinación de variedades locales de canola; 2013.....	64
Cuadro 3. Prueba de medias para la viabilidad de variedades locales de canola; 2013.....	64
Cuadro 4. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) y Emergencia Total (EMERT) en la comparación de dos variedades locales de canola, Aztecan y Canomex; 2013.....	65
Cuadro 5. Prueba de medias para el Índice de velocidad de emergencia de variedades locales de canola; 2013.....	65
Cuadro 6. Prueba de medias para la Emergencia total de variedades locales de canola; 2013.....	65
Cuadro 7. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Peso de mil semillas (PMS) y Peso volumétrico (PV) en la comparación de dos variedades locales de canola, Aztecan y Canomex; 2013.....	66
Cuadro 8. Prueba de medias para el Peso de mil semillas de variedades locales de canola; 2013.....	66
Cuadro 9. Prueba de medias para el Peso volumétrico (kg hL-1) de variedades locales de canola, 2013.....	66

**TIEMPO DE ALMACENAMIENTO Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD EN
SEMILLA DE CANOLA (*Brassica napus* L.)**

Francisco Javier Manjarrez Juárez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

RESUMEN

En Metepec, Edo. de México, durante 2013, en condiciones de laboratorio e invernadero se evaluó la calidad de cuatro variedades de canola; dos introducidas: híbrido Hyola 401 y Monty (variedad de polinización libre), y dos variedades de polinización libre obtenidas en México: Canomex y Aztecan, las cuales estuvieron almacenadas en Metepec, a temperatura ambiente por periodos de 1, 2, 4, y 5 años. Se determinaron cuatro variables de calidad fisiológica: viabilidad, porcentaje de germinación, velocidad de emergencia y emergencia total, y dos de calidad física: peso de mil semillas y peso volumétrico. Las variedades se compararon en tres grupos; en el primero, que incluyó las cuatro variedades, Aztecan y Hyola 401 fueron superiores en la mayoría de las características cuantificadas. En el segundo grupo conformado por Hyola 401 y Monty, el híbrido resultó significativamente superior en calidad de semilla. En un tercer grupo se compararon las variedades Aztecan y Canomex, resultando superior Aztecan en la mayoría de las variables evaluadas. Otros resultados relevantes fueron: 1) la emergencia total, como indicador de vigor y del establecimiento en campo, correlacionó positivamente con la viabilidad de la semilla ($r=0.84$), germinación ($r=0.84$), e índice de velocidad de emergencia ($r=0.86$); 2) las variedades locales muestran mayor similitud que las introducidas, probablemente porque las primeras comparten progenitores en común, en tanto que las introducidas tienen diferente origen genético: Canadá y Australia; 3) la calidad de la semilla de canola almacenada bajo condiciones naturales mostró un deterioro acelerado después de un año de almacenamiento, deterioro que fue diferente en magnitud entre las cuatro variedades.

Palabras clave: Calidad física y fisiológica, deterioro, longevidad, oleaginosa.

EFFECT OF STORAGE TIME UPON THE SEED QUALITY OF CANOLA (*Brassica napus* L.)

Francisco Javier Manjarrez Juárez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

ABSTRACT

The seed quality of four canola genotypes was assessed during 2013 under laboratory and greenhouse conditions at Metepec, state of Mexico, two genotypes originating abroad: hybrid Hyola 401 and Monty (open pollinated cultivar, OPC), and two OPC developed in Mexico: Canomex and Aztecan, whose seed was stored in Metepec at room temperature for periods of 1, 2, 4, and 5 years. Four traits related to physiological quality were determined: viability, germination, emergence rate and total emergence; and two of physical quality: thousand seed weight and volumetric weight. Genotypes were compared in three groups, the first, included all four, Aztecan and Hyola 401 were superior in most of the recorded traits. In the second group conformed by, Hyola 401 and Monty, hybrid resulted superior in all traits related to seed quality. In a third group genotypes Aztecan and Canomex were compared and the first one resulted superior in most of the recorded traits. Other outstanding results were: 1) total emergence, as an indicator of vigor and crop establishment in field conditions, correlated positively with seed viability ($r=0.84^{**}$), germination ($r=0.84^{**}$) and emergence rate of emergency ($r=0.86^{**}$); 2) local cultivars show more common features between them than with the introduced cultivars, perhaps due to the fact that they have common progenitors, while the introduced cultivars have different genetic origin: Canada and Australia; 3) the seed quality of canola stored at room temperature showed an accelerated deterioration after a year of storage, deterioration that was differential among the four cultivars.

Key words: physical and physiological quality, seed deterioration, seed longevity, oleaginous.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de canola (*Brassica napus* L.) ocupa el tercer lugar en la producción mundial de oleaginosas, después de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) y la soya (*Glicine max* Merrill). En 2014, se produjeron en el mundo 86.3 millones de toneladas de canola, siendo los principales países productores Canadá, China, India, Alemania y Francia, que en conjunto produjeron el 72 % del total mundial (FAO, 2014).

Las investigaciones para introducir el cultivo en México se iniciaron en 1970, pero no fue sino hasta los años noventa cuando se realizaron pruebas de adaptación en Sonora y otras regiones del país. México es el cuarto país que más importa esta oleaginosa a nivel mundial, con un volumen de aproximadamente 1.44 millones de toneladas anuales y un valor de 850 millones de dólares (Financiera Rural, 2011). El interés de la producción comercial del cultivo de canola por los productores de los estados de Tamaulipas, Sonora, Jalisco, Tlaxcala y Guanajuato va en aumento, en virtud de que esta oleaginosa tiene amplias posibilidades de prosperar en el país, por su adaptabilidad y rendimiento; además, la venta de la producción se encuentra asegurada, ya que la industria aceitera nacional promueve y apoya la producción de este cultivo (Ortegón *et al.*, 2006), la producción promedio de canola a nivel nacional en los últimos seis años fue de 5,035.9 toneladas con rendimiento promedio de 0.81 ton ha⁻¹ y un valor de la producción de 27.9 millones de pesos (SIAP, 2015).

En cuanto a la calidad de la semilla de canola, esta se ve afectada por factores externos: agua, gases, temperatura, luz y humedad relativa, así como por factores internos: embriones inmaduros, inhibidores, presencia de tegumentos duros, viabilidad y longevidad; es decir, el tiempo que puede permanecer viable después de la cosecha. Diversos autores coinciden que a mayor tiempo de almacenamiento de la semilla disminuye su calidad fisiológica, reflejándose en el índice de vigor y germinación e incluso la muerte de la misma, dependiendo del tipo de cultivo y la variedad (Elias y Copeland, 1994).

El uso de semilla de calidad es un componente tecnológico fundamental para la producción agrícola y por ello juega un papel fundamental en el desarrollo de la agricultura desde la prehistoria, cuando los humanos domesticaron por primera vez los cultivos y seleccionaron las mejores semillas para el siguiente ciclo agrícola.

En la agricultura moderna, el uso de semilla de calidad permite y facilita la incorporación de otras tecnologías agrícolas modernas e innovadoras en los sistemas de producción, con un solo fin: asegurar una producción competitiva, rentable y de calidad. La semilla es un elemento indispensable para la producción y desarrollo agrícola, toda vez que representa uno de los medios más económicos y eficientes para mejorar el rendimiento en los cultivos. Por lo anterior, es prioritario el desarrollo de tecnologías de producción de semilla de canola que permita reducir el costo de producción e incrementar el rendimiento sin disminuir la calidad, además de coadyuvar a que disminuyan las importaciones de esta oleaginosa.

Esta investigación presenta el efecto del ambiente de producción y almacenamiento bajo condiciones naturales sobre la calidad de la semilla de canola mediante la evaluación de parámetros físicos y fisiológicos, con el propósito de aportar conocimiento que contribuya a su manejo adecuado y con ello, y con ello, participar en el incremento de la producción, evitando pérdidas de esta oleaginosa en el Centro de México.

OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Determinar el efecto del envejecimiento natural sobre la calidad física y fisiológica de semilla de canola.

1.2 Objetivos específicos

1.- Determinar la calidad física y fisiológica de semilla de canola almacenada en condiciones normales de bodega de trabajo durante 1, 2, 4 y 5 años.

2.- Comparar la calidad física y fisiológica de la semilla de cuatro variedades de canola; dos de origen extranjero y dos generados en México, almacenados por 1, 2, 4 y 5 años.

3.- Determinar la interacción entre el tiempo de almacenamiento y el genotipo.

1.3 Hipótesis

Tanto las variedades introducidas como las de origen nacional, muestran comportamiento diferencial en la calidad física y fisiológica de la semilla en función del ambiente de producción y el tiempo de almacenamiento.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Origen, descripción e importancia de la canola

2.1.1 Origen

La canola pertenece a la familia *Cruciferae*, la cual incluye varias plantas hortícolas: col (*Brassica oleracea* var. *capitata*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), colza (*Brassica napus*) y nabo (*Brassica campestris*). Los cultivos del género *Brassica* se consideran entre los más antiguos conocidos por los humanos; existe evidencia escrita de 1,500 años A.C. (Prakrash, 1980) y pruebas arqueológicas de su importancia que se remontan hasta 5,000 años A.C. (Yan, 1990). El centro primario de origen de este género se ubica en la región del Himalaya y la especie *B. rapa* se reporta como la que más ampliamente se ha distribuido desde hace 2000 años en el norte de Europa hacia China y Corea. La especie *B. napus* se desarrolló en la región del Mediterráneo donde se encontraron especímenes silvestres provenientes de especies ancestrales. La producción de aceite a partir de *B. rapa* se remonta a la edad media en Europa donde se utilizaba como aceite para lámparas (Raymer, 2002).

La canola fue derivada de variedades de colza que generalmente contienen de 20 a 55% de ácido erúxico, tóxico para los humanos. El término “canola” (Canadian oil low acid) es una marca registrada de la Asociación Canadiense de Productores de Nabo y se refiere a las especies del género *Brassica* que producen semilla con menos del 2% de contenido de ácido erúxico y con menos de 30 μmol de glucosinolatos por gramo de grano molido. El desarrollo y la subsecuente liberación de las primeras variedades de canola se efectuaron a través de programas de mejoramiento genético en Canadá en la década de 1970 con lo que se creó un nuevo cultivo con alto contenido de aceite y proteína que ha sido aceptado ampliamente a nivel mundial.

2.1.2 La planta

La raíz de la canola es pivotante y profunda con buena aptitud para ramificarse sobre todo si la raíz principal encuentra obstáculos para profundizar en el suelo. Se desarrolla con mayor vigor a una temperatura moderada de 22°C en promedio y con una excelente aireación en el suelo (Ortegón, 2003). El tallo es erecto y ramificado con altura de 0.50 hasta 1.70 m de color verde variable según la variedad y densidad de población (González, 2003). Las hojas inferiores son muy grandes y dentadas con un lóbulo terminal y obtuso, normalmente ciliadas en los bordes y con cepillos suaves y cortos, pinitifidas y liradas (Osorio, 1986). Las flores se agrupan en racimos terminales, son pequeñas y amarillas, constan de cuatro pétalos dispuestos en cruz (Ortegón, 2003). La polinización es autógama en *B. napus* L. El ovario es súpero bilocular y bicarpelar, dividido en un falso tabique que separa los carpelos (Osorio, 1986). Los frutos son silicuas, miden entre 4 y 6 cm de longitud.

En el interior de las silicuas se encuentra la semilla, en número de 20 a 25, cuya longitud y número, varían en función de la variedad. La semilla es esférica, de 2 a 2.5 mm de diámetro; una vez madura, tiene un color pardo rojizo y posee un contenido de aceite del 40% de alta calidad rico en omega 9, 6 y 3, indispensable para el consumo humano, muy similar en sus características al aceite de oliva (Valadez, 1993).

2.2 Producción y usos

2.2.1 Producción

La canola es un cultivo oleaginoso tradicional de muchos países europeos como Francia, Alemania, Inglaterra y Polonia, entre otros. A nivel mundial los mayores productores son Canadá con 14'164,500 t en 2011, China con 13'426,012 t e India con 8'179,000 t (FAO, 2014). A nivel mundial, la producción de canola en 2012 fue de 64.8 millones de toneladas, los principales países productores de esta oleaginosa

son: Unión Europea con el 35.6%, China 22.5%, Canadá 20.5%, India 10.6% y el resto del mundo 10.9%. El rendimiento promedio es de 1.8 t ha⁻¹. Es pertinente destacar que entre 1975 y 2007 la producción mundial se sextuplicó, lo que demuestra la gran aceptación que ha tenido este cultivo. De acuerdo con los analistas, entre 2005 y 2015 la producción aumentará significativamente debido principalmente a su uso como materia prima para la elaboración de biodiesel (Financiera Rural, 2011).

México es el cuarto importador de esta oleaginosa a nivel mundial; de un total de 10.5 millones de toneladas que se comercializan, Japón importa el 21.2%, China el 20.3%, la Unión Europea 19.6% y México el 12.8% lo que representa un volumen de aproximadamente 1.44 millones de toneladas anuales con un valor del orden de 850 millones de dólares (Financiera Rural, 2011).

Entre los periodos de siembra 1993-2011, el precio internacional de la semilla de canola se incrementó 123.2% al pasar de 284 a 634 US dólares por tonelada, debido principalmente a la caída en la producción a nivel mundial, al aumento en la demanda para la fabricación de biocombustibles y a la fuerte competencia por tierras de labor entre granos y oleaginosas (Financiera Rural, 2011).

A nivel nacional el promedio de producción de canola en los últimos seis años fue de 5,035.9 toneladas en una superficie cosechada de 4,260.24 hectáreas con rendimiento promedio de 0.81 ton ha⁻¹ y un valor de la producción de 27.9 millones de pesos. Los principales estados productores fueron Hidalgo, México, Puebla, Tlaxcala, Tamaulipas y Zacatecas (SIAP, 2015). El bajo rendimiento nacional promedio comparado con el mundial, indica que en México existe un amplio margen para el desarrollo de tecnología aplicada orientada a mejorar la productividad de este cultivo.

El índice de seguridad alimentaria del periodo 2000 – 2009 indica que en promedio sólo el 0.3 % del consumo aparente de canola en México se conformó por la producción nacional, el 99.7 % restante correspondió a importaciones. De acuerdo

con la FAO, lo anterior implica que México es dependiente alimentario respecto de esta semilla, ya que para tener seguridad alimentaria el índice debe ser al menos de 75 %. La canola por ser una de las oleaginosas con mayor calidad de proteínas y alto porcentaje de ácidos grasos, podría representar una opción productiva en el campo agrícola nacional, debido a que existen condiciones favorables para su cultivo en varias regiones del país. De acuerdo con un estudio sobre el potencial productivo de canola bajo condiciones de temporal para el ciclo de primavera verano, dado a conocer por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), existen 419 mil hectáreas con un alto potencial climático, edáfico y topográfico para producir este cultivo en México. Además, se ubicaron geográficamente 2.4 millones de hectáreas con potencial productivo medio (FAO, 2010).

2.2.2 Usos de la canola

El principal uso del grano de la canola, es la obtención de aceite comestible, y en los últimos años la producción de biodiesel despertó un interés especial en los países de Europa. La calidad del grano para consumo alimenticio está definida por el porcentaje de aceite, el contenido de glucosinolatos y perfil de ácidos grasos, entre ellos el ácido erúxico; estos dos últimos son factores anti nutricionales que en cantidades elevadas impiden el consumo de la harina de canola en la alimentación animal y de aceite para el consumo humano (McDonald *et al.*, 1995). Los ácidos grasos saturados son los que no presentan doble ligaduras en su cadena e implican un riesgo para la salud humana, porque son precursores de la síntesis de colesterol y aumentan el riesgo de enfermedades coronarias (Windauer y Ploschuk, 2006).

La pasta sobrante de la extracción de aceite por su alto contenido de proteínas se utiliza en la preparación de dietas para animales domésticos, principalmente cerdos y aves de granja (Castillo y Vargas, 2005). Las plantas de canola pueden utilizarse como forraje verde o ensilado para la alimentación del ganado (ovino, bovinos y

aves) y en algunos países, incluyendo México las semillas se usan como alimento para pájaros (Sánchez *et al.*, 1984).

El alto contenido de aceite en la canola de 42 a 43 %, se utiliza en la industria de alimentos preparados, en la fabricación de margarina, aceite de mesa y de cocina. La proteína tiene “buena composición” de aminoácidos, su nivel de minerales y de vitaminas es similar al de la soya. Cuando el aceite se purifica no tiene ningún olor, produce una llama brillante y clara al quemarse con fines de iluminación (Castillo, 2002).

La paja o rastrojo de la canola también es un forraje aceptable para la alimentación de ganado bovino y caballar, ya que reúne propiedades bromatológicas superiores a las de maíz, trigo y sorgo (Muñoz y Díaz, 1999). Otros usos de la canola son: verdura en las primeras etapas vegetativas; melífera durante la floración; alimento para pájaro (vaina); forraje verde en la etapa de llenado de grano, y como forraje seco para vacas o borregos en su madurez (Castillo y Vargas, 2005).

2.3 Calidad de semilla

La calidad de la semilla depende de un gran número de factores, algunos genéticos, otros del ambiente en que se desarrolla el cultivo, y otros relacionados con el manejo y el almacenamiento. Así, la calidad en las semillas, es el conjunto de cualidades genéticas, físicas, fisiológicas y sanitarias que le otorgan la capacidad para dar origen a plantas vigorosas y productivas por lo que es otro aspecto importante identificar para cada especie las características y los atributos que las definen. La calidad de la semilla está determinada principalmente por la germinación, su establecimiento en campo depende del vigor (Abdul-Baki y Anderson, 1973).

La alta calidad de la semilla se refleja directamente en el cultivo resultante, en términos de uniformidad de la población, de la ausencia de enfermedades

transmitidas por semilla, del alto vigor de las plantas, y de la productividad, factores fundamentales para brindar una mayor rentabilidad (Sierra *et al.*, 2008).

La calidad de la semilla de canola es un factor determinante en el establecimiento del cultivo y para obtener la máxima expresión del potencial de rendimiento. Las semillas certificadas con alta tasa de germinación (superior al 90 %) tienden a emerger rápidamente y en forma uniforme bajo condiciones de campo. Las pruebas de vigor son evaluaciones de laboratorio económicas y rápidas, son utilizadas para determinar la calidad fisiológica de la semilla, entre ellas, la velocidad de emergencia y las de longitud y peso total de la plántula son las más utilizadas. Lotes de semilla de canola con 90 % o más de germinación se consideran excelentes, y lotes con 80–89 % son considerados aptos para siembra (Elliott, 2013).

En países donde la canola es un cultivo importante, las empresas semilleras realizan, en un marco de alta competitividad, grandes inversiones para poner al alcance del productor nuevos híbridos que cubran los requerimientos del mercado y de la industria.

2.3.1 Calidad genética

La calidad genética es el cúmulo de información determinada por el genotipo de una variedad, entre otros atributos de pureza varietal, homogeneidad, potencial de productividad, resistencia y tolerancia a enfermedades y plagas, adaptación a ambientes específicos, potencial de rendimiento, hábito de crecimiento, ciclo vegetativo, precocidad, así como calidad de producción (ISTA, 1995).

2.3.2 Calidad Física

La calidad física de las semillas comprende la pureza y condición física. La pureza está caracterizada por la proporción de componentes físicos presentes en el lote de producción, tales como semillas puras, semillas de plantas indeseables y otras semillas cultivadas; la condición física es caracterizada por el contenido de humedad, tamaño, color, densidad, apariencia, daños mecánicos entre estos causado por plagas y enfermedades (ISTA,1996).

Para Moreno (1996), los aspectos mencionados son importantes pues los considera métodos específicos para ser utilizados en los programas de producción y comercialización de semillas certificadas. En ese contexto los principales parámetros determinantes para evaluar la calidad de la semilla son:

2.3.2.1 Pureza Física

Se refiere a la ausencia de contaminantes tales como semilla de otros cultivos, así como la integridad del grano (ausencia de daño mecánico). El objetivo del análisis de pureza es determinar la composición porcentual por peso de la muestra que se analiza y, por deducción, la composición de los lotes de semilla y la identidad de las distintas especies y partículas inertes que constituyen la muestra (ISTA, 2005).

2.3.2.2 Peso de mil semillas

Este es un parámetro importante para calcular la cantidad en peso de la semilla de siembra. El peso depende del tamaño de la semilla, el contenido de humedad y la cantidad de semilla pura (Cuevas, 1996).

2.3.2.3. Peso hectolítrico

Se define como el peso en kilogramos de un volumen de grano en 100 litros; valor muy útil porque resume en un solo valor qué tan sano es. Esto es importante porque cuanto más sano sea (menor cantidad de impurezas, granos dañados o quebrados, picados o con presencia de cualquier enfermedad) mayor será la proporción de aceite y mejor será la separación del endospermo del resto del grano, por lo tanto; cuanto más sano, mayor será la extracción de aceite; a su vez es una medida de la homogeneidad de la partida de canola, factor clave en el proceso industrial, por consiguiente, el peso hectolítrico es una buena estimación en la calidad física del grano (Ospina *et al.*, 2002).

2.3.2.4 Humedad

Indica la cantidad de agua presente en la semilla; existen varios métodos para la determinación de la humedad utilizando los métodos electrónicos que tienen la ventaja de ser muy rápidos. La relevancia del contenido de humedad en el manejo de las semillas radica en que es el factor más importante en su conservación, ya que si es excesiva, favorece el desarrollo de insectos y hongos y tiene efectos sobre los procesos fisiológicos, de los que dependerá su pérdida de vigor y viabilidad. Por otra parte, la humedad es importante en el comercio de las semillas pues el comprador adquiere agua al mismo precio, lo cual representa una pérdida económica; además, la semilla húmeda ocupa mayor espacio y es más difícil de transportar (Moreno, 1996).

2.3.2.5 Dureza de grano

Permite calcular el agua que se agregará al grano antes de la molienda. En relación con calidad de semilla la dureza se determina con una peladora en el cual el grano

se somete a un pulido por un determinado tiempo. La pérdida del grano durante el pulido indicará la dureza; a mayor pérdida, menos dureza.

2.3.2.6 Tamaño de semilla

El tamaño de semilla de canola con forma esférica, de 2 a 2.5 mm de diámetro, tiene un efecto directo sobre el vigor, principalmente en el porcentaje y velocidad de germinación, así como en el peso total de la plántula. Lo anterior ha sido directamente relacionado con más altos rendimientos en campo (Elliot *et al.*, 2005). El peso promedio de la semilla de esta oleaginosa es 4 a 5 g por cada 1000 semillas, algunos híbridos que actualmente se comercializan muestran en el peso de 1000 semillas rangos superiores (Elliot *et al.*, 2005).

El mayor tamaño de la semilla de los híbridos comparado con las variedades de polinización abierta da como resultado un pequeño aumento en el porcentaje de emergencia. En un experimento, Brandt *et al.* (2007) observaron que las semillas de diferentes híbridos de canola fueron entre 25 - 50 % más grandes que las variedades de polinización abierta; sin embargo, el porcentaje de emergencia solo fue 5 - 6 % en promedio superior en los híbridos, en comparación con las variedades.

Se han realizado pocas investigaciones sobre la relación entre la calidad de la semilla (vigor) y la acumulación de biomasa en la plántula de canola. En un estudio efectuado por Elliot *et al.* (2005) observaron que el peso de plántula después de 14 y 21 días aumentó en relación directa con el peso de la semilla. El Consejo de Canola de Canadá también reporta que el tamaño de la semilla influye directamente sobre la acumulación de biomasa de la plántula. Semillas grandes (2.7 - 3.0 g por 1000 semillas) mostraron casi el doble de acumulación de materia seca que la semilla pequeña (1.5 - 2.2 g por 1000 semillas) después de 35 días (Sistema Producto Oleaginosas, 2014).

2.3.3 Calidad fisiológica

La calidad fisiológica de la semilla se refiere a la capacidad para germinar, el vigor y algunos aspectos genéticos como la heterosis de múltiples factores en los híbridos, puede verse afectada en cualquier fase del proceso de producción. Retrasos en la cosecha si las condiciones ambientales no son favorables, situación que es común en nuestras condiciones subtropicales, deficiencias en el desarrollo de los cultivos, retrasos en el secado de la semilla, daños mecánicos durante la recolección y trilla o en el procesamiento, el almacenamiento bajo condiciones desfavorables, son factores que afectan la calidad fisiológica (Bewley and Black, 1994).

Las características para evaluar la calidad fisiológica de la semilla se refieren a su capacidad de germinación y vigor para establecerse en campo y producir nuevos individuos. Los principales parámetros para evaluar la calidad fisiológica son:

2.3.3.1 Germinación

Es la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Moreno, 1996). El fenómeno de germinación consta en una serie de eventos bioquímicos, fisiológicos, anatómicos y morfológicos, que empieza con la absorción de agua y conducen a la ruptura de la cubierta seminal hasta la emergencia de la radícula (Devlin, 1982).

La germinación es la reactivación del proceso metabólico de la semilla, la emergencia de la radícula (raíz) y la plúmula (tallo) que permite obtener una plántula; fisiológicamente la germinación comienza con la etapa inicial de reactivación bioquímica y termina con la emergencia de la radícula, siendo este el primer signo visible de la germinación resultante de la división celular (Hartmann y Kester, 1994).

La prueba de germinación está dada por la emergencia y desarrollo de la plántula a una etapa donde el aspecto de su estructura esencial indica si es o no capaz de desarrollarse en una planta satisfactoria en condiciones favorables en el suelo. La prueba de germinación estándar, se considera la prueba universal de calidad de la semilla, evalúa al máximo de potencial de un lote de semillas. Esta prueba clasifica a las plántulas en normales y semillas sin germinar (semillas duras, muertas). Los resultados se expresan en porcentajes de germinación con el número de plántulas normales que pueden generar plantas de buena calidad (ISTA, 1996).

2.3.3.2 Viabilidad

Expresa en porcentaje la cantidad de semillas que están vivas respecto al total de la muestra, este método se utiliza para algunas semillas que presentan periodos de dormancia o latencia o sea que, a pesar de estar vivas, poseen un periodo de letargo que les impide germinar hasta que las condiciones del ambiente (horas de frío, luz u oscuridad, entre otros) determinen la finalización del estado de letargo.

La prueba de viabilidad por tetrazolio consiste en colocar la semilla en el compuesto químico, que colorea de rosado los tejidos que respiran por lo cual se puede evaluar si la semilla posee funcionalidad de germinar (ISTA, 1996).

2.3.3.3 Índice de velocidad de emergencia

En la prueba de velocidad de emergencia (Maguire, 1962), se cuenta el número de días en que fueron emergiendo las plántulas para establecer un índice, el cual permite obtener mejores estimadores de vigor de las plántulas para ser utilizadas en programas de mejoramiento genético, ya que se ha demostrado que plántulas con mayor vigor poseen características superiores de área foliar, peso seco y longitud de raíz.

Virgen y Vargas (2001) estimaron el índice de velocidad de emergencia y propusieron una escala, un valor superior a tres, se caracterizaba un vigor de intermedio a alto; sugirieron el uso de esta escala para la clasificación del vigor y puede ser útil dentro de un esquema de mejoramiento para seleccionar líneas de alto valor y de vigor medio, debido a que presentan correlación positiva con variables como porcentaje de germinación y emergencia, así como peso seco de plántula.

La prueba consiste fundamentalmente en medir la velocidad de germinación o emergencia a través de índices establecidos, con los cuales se pueden detectar especies o variedades que presentan un mayor vigor y por lo tanto más rápida germinación o emergencia de plántula.

2.3.3.4 Emergencia total de plántulas

Después de que la semilla germinó, la emergencia es el porcentaje de plántulas normales que reúnan las características deseables de vigor que permiten su desarrollo bajo condiciones ambientales.

2.3.3.5 Vigor

El vigor en las semillas se ha definido como la sumatorio total de las propiedades intrínsecas que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las semillas o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas. Las semillas que muestran alta germinación y emergencia se consideran de alto vigor, y aquellas que presentan baja germinación y emergencia son consideradas semillas de bajo vigor (ISTA, 1995).

El vigor representa la capacidad de emergencia en campo y crecimiento de plántulas (Salinas *et al.*, 2001). El vigor también se define como la condición de un buen estado sanitario y natural (robusto) de una semilla, que, luego de sembrada permite

que la germinación ocurra rápidamente y se complete bajo un amplio rango de condiciones ambientales (Woodstock *et al.*, 1984). La determinación del vigor de las semillas es de gran utilidad para predecir el comportamiento de un lote cuando las condiciones del medio ambiente no son del todo favorables para la germinación y emergencia de las plantas. El vigor de las semillas agrícolas ha sido por mucho tiempo tema de interés entre productores de éstas y los usuarios; ya que si bien, la calidad esta principalmente determinada por la germinación y el establecimiento de las plántulas en el campo, éstas dependen en gran medida de su vigor, de ahí el interés de evaluar este parámetro mediante pruebas cuyos resultados están correlacionados con el comportamiento de las plantas en el campo (Moreno, 1996).

El vigor de las semillas se basa en el comportamiento fisiológico de un lote de semillas, incluyendo: cambios en los procesos bioquímicos, la tasa y uniformidad de germinación, emergencia y crecimiento de las plántulas al ser expuestas a condiciones de estrés (Ferguson, 1995).

El comportamiento asociado con el vigor de las semillas incluye:

- a) Tasa de uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas.
- b) Comportamiento en el campo, incluyendo la tasa y uniformidad de la emergencia de las plántulas.
- c) Comportamiento después del almacenamiento y transporte, particularmente la disminución de la capacidad de germinación, característica del vigor.

Los factores que determinan un alto vigor en las semillas son:

- Genotipo
- Ambiente y nutrición de la planta madre
- Estado de madurez al momento de la cosecha
- Tamaño y peso volumétrico
- Daño físico
- Deterioro y envejecimiento

- Patógenos

El evaluar el vigor de la semilla es de gran utilidad para predecir el comportamiento de un lote cuando las condiciones del ambiente en el cual serán utilizadas no son del todo favorables, y así conocer el potencial biológico para la germinación y emergencia de las plántulas.

El vigor de la semilla de canola, al igual que el de otros cultivos, depende de los factores ambientales; por esto, hay que cuidar el ambiente de producción además del manejo agronómico y de postcosecha. Entre los factores que afectan el vigor destacan: nutrición inadecuada, ataque de enfermedades, cosecha demasiado temprana, daño climático durante la madurez, daño físico durante la cosecha, transporte y beneficio, almacenamiento inadecuado y edad de la semilla. En general, las empresas productoras y comercializadoras de semilla aplican las medidas necesarias para controlar estos factores; sin embargo, ante la volatilidad que han mostrado tanto el precio internacional de la canola y el costo de los insumos para la producción que causan amplia variabilidad en la superficie que se siembra cada año y en consecuencia en la demanda de semilla, es necesario conservarla para su uso posterior (Canola Encyclopedia, 2013).

Las pruebas más comunes para determinar el vigor de la semilla de canola son: germinación en frío, velocidad de germinación, envejecimiento acelerado, conductividad eléctrica, velocidad de desarrollo y biomasa de la plántula. Todas estas pruebas se correlacionan con la emergencia uniforme y el establecimiento del cultivo bajo diferentes condiciones (Elías y Copeland, 1997).

2.3.4 Calidad fitosanitaria

La calidad sanitaria se define como la condición de la semilla en cuanto a la presencia y grado de ocurrencia de microorganismos, que son capaces de causar enfermedades, reducir la calidad y productividad de los cultivos, afectando la germinación, vigor y población de plantas o bien causar problemas patológicos en los cultivos una vez establecidos. La utilización de terrenos nuevos o libres de inóculo, la zonificación, épocas de siembra adecuadas, la eliminación de plantas enfermas, el control fitosanitario y el mismo tratamiento de la semilla se constituyen en prácticas recomendables para la producción de semilla sana. Una de las estrategias más efectivas para el combate de las enfermedades en los cultivos es a través del mejoramiento genético; sin embargo, no siempre es factible desarrollar variedades resistentes a determinados patógenos (ISTA, 2005). En este caso es necesario proteger el cultivo con agroquímicos.

2.4 Antecedentes del almacenamiento de semillas

Las semillas de plantas cultivadas viven unos cuantos años en condiciones ordinarias de almacenamiento, los que pueden incrementarse si se almacenan con bajas temperaturas y bajas concentraciones de oxígeno, lo que hace disminuir la respiración y otros procesos fisiológicos, que, de no ser controlados, pueden llevar al deterioro de las semillas. La presencia de cubiertas duras favorece el almacenamiento y la longevidad. En algunas especies, el estado de dormancia del embrión se suma o refuerza la estrategia adaptativa de presentar una cubierta resistente. Las semillas con mayor capacidad de germinación, normalmente muestran menor tiempo para germinar (Ellis y Roberts, 1981).

2.4.1 Almacenamiento de granos de canola

La norma de comercialización de granos de canola destinados para la industria indica que la humedad base es del 8% (SAGPyA, 2014), pero la máxima permitida para comercializarla es de 10 %.

Por lo anterior, para que una condición de almacenamiento sea “segura”, la humedad relativa debe ser de 70% o menos. Para lograr dicha condición de almacenamiento en canola se requiere de una temperatura del almacenamiento de 25°C y con un contenido de humedad en el grano menor a 8.3%. La relación entre la humedad de la simiente y la humedad relativa se denomina equilibrio higroscópico y está influenciado por la temperatura. Ésta también afecta el almacenamiento del grano de canola, por un lado, a mayor temperatura, mayor actividad biológica por lo que se acelera la tasa de respiración y descomposición del grano.

2.4.2 Almacenamiento de semilla de canola

El almacenamiento de la semilla de canola requiere condiciones frescas y secas. Por lo tanto, requiere aireación. Los riesgos potenciales de almacenamiento inadecuado incluyen calefacción y la combustión espontánea, la infestación de insectos, debido al crecimiento de hongos, y el desarrollo de ácidos grasos libres.

2.4.3 Factores que afectan a la semilla en almacén

Al igual que para el grano, la temperatura y la humedad de la semilla tienen gran influencia en procesos que ocurren durante el almacenamiento y que pueden resultar en semillas deterioradas. Las semillas de canola son más proclives a deteriorarse durante el almacenamiento que los cereales, por lo tanto, deben almacenarse a humedades más bajas para prevenir el desarrollo de hongos y asegurar una adecuada conservación.

La reducción de la viabilidad de semillas no es sólo función del tiempo. Este no es un factor crítico para los cambios fisiológicos y bioquímicos que se producen durante el envejecimiento (Roos, 1980). Existen otros factores que inciden decisivamente en este proceso, entre los que cabe señalar los siguientes: nutrición inadecuada o desbalanceada del cultivo, ataque de enfermedades, cosecha temprana, efectos meteorológicos, daños físicos durante la cosecha y transporte, almacenamiento inadecuado y edad de la semilla.

Uno de los factores que limitan el establecimiento de las siembras de canola en la región occidental de Canadá es el vigor de la semilla. El vigor de esta oleaginosa decrece rápidamente en la medida que aumenta el periodo de almacenamiento. El almacenamiento a corto plazo en condiciones desfavorables o inadecuadas afecta más el vigor de la semilla que su capacidad para germinar. Las condiciones adversas de almacenaje afectan la selectividad de la membrana (Abdul-Baki y Anderson, 1973). Además, la tasa de respiración (en mitocondrias) de la plántula de soya proveniente de semillas de cosecha reciente es significativamente diferente comparada con la de semillas viejas. El contenido de mitocondrias por unidad de peso es menor en plántulas provenientes de semillas viejas en comparación con la de semillas de reciente cosecha (Frankiln *et al.*, 1985).

2.4.4 Longevidad de la semilla en almacenamiento

El envejecimiento de las semillas en almacenamiento es un fenómeno inevitable, pero el nivel y velocidad del decline en la calidad depende fuertemente, además de las condiciones de almacenamiento, de la especie y de la calidad inicial (Elias y Copeland, 1994; Nkang y Umoh, 1997), así como de las características genéticas de la semilla.

Verma *et al.* (2003) estudiaron la semilla de dos variedades de *Brassica campestris* que fue almacenada por cuatro años bajo condiciones ambientales normales. El porcentaje de germinación permaneció por encima de los estándares mínimos

permitidos (85%) en la semilla en uno y dos años en almacén. Múltiples características de calidad de semilla decrecieron significativamente conforme se incrementó el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, ese decline fue mayor en semillas almacenada por 3 y 4 años. La conductividad eléctrica y los carbohidratos solubles totales mostraron una correlación negativa significativa con la velocidad de la emergencia, el establecimiento de las plántulas y el rendimiento.

Los cultivos oleaginosos por el alto contenido de aceite en su semilla son propensos a una relativamente rápida pérdida en la capacidad de germinación, sobre todo cuando se almacenan en condiciones subóptimas (Balešević-Tubić *et al.*, 2010). Las diferencias en el tiempo de almacenamiento de las semillas, así como las condiciones del almacén, ejercen influencia significativa en la germinación, particularmente en semilla de cultivos oleaginosos (Sisman, 2005; Balešević-Tubić *et al.*, 2010). Nagel y Börner (2010) estudiaron la respuesta de 18 especies al almacenamiento hasta por 26 años a 20.3 ± 2.3 °C y 50.5 ± 6.3 % de humedad relativa. Las tasas de germinación decrecieron en una forma sigmoide; pero los parámetros de las curvas fueron característicos de cada especie. Además de la variación interespecífica hubo índices de variabilidad intraespecífica. Semillas con un componente mayor de aceite tuvieron una menor duración, mientras que las de mayor contenido de carbohidratos o proteínas no fueron afectadas en su longevidad.

Milosevic *et al.* (1996) sugirieron que la longevidad de la semilla está genéticamente determinada por la existencia de diferencias significativas entre variedades de la misma especie en su capacidad de mantener su calidad durante el almacenamiento. Por ello, se puede decir que la longevidad de la semilla puede mejorarse a través de los procedimientos de mejoramiento genético adecuados. Nagel *et al.* (2011) determinaron la longevidad de la semilla de 42 accesiones de *Brassica napus*. La comparación de la germinación mostró que la viabilidad en parte fue genéticamente controlada y varió entre 42 y 98%. Para definir las bases genéticas de la longevidad sometieron una población de dobles haploides a tres tratamientos de envejecimiento. Detectaron QTLs en seis cromosomas diferentes, lo que indica la complejidad de esta característica.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material genético

Para la presente investigación se utilizó semilla de tres variedades de canola (*Brassica napus* L.), Monty, Canomex y Aztecan; y del híbrido comercial Hyola 401 producidas en varios ciclos agrícolas de primavera – verano desde el 2007 hasta el 2012, con las características que se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Variedades de canola (*Brassica napus* L.) producidas en los ciclos primavera verano 2007 a 2012.

Genotipo	Tipo	Origen	Años de producción	Años de almacenamiento
Hyola 401	Híbrido	Canadá	2007,2010 y 2012	5, 2, 1
Monty	Variedad	Australia	2007, 2010 y 2012	5, 2, 1
Aztecan	Variedad	México	2007, 2008 y 2010	5, 4, 2
Canomex	Variedad	México	2007, 2008 y 2010	5, 4, 2

3.2 Localización del experimento

Los ensayos de los que se obtuvo la semilla objeto de esta investigación se condujeron siguiendo las recomendaciones del INIFAP para el cultivo de la canola en el Estado de México (Castillo y Vargas, 2005).

Los experimentos se establecieron en terrenos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), durante el ciclo primavera - verano 2007, 2008, 2010 y 2011 para los años de almacenamiento de 5, 4 ,2 y 1 respectivamente, ubicado en el Municipio de Metepec, Estado de México. Geográficamente, se localiza en las coordenadas 19° 14' de latitud norte y 99° 35' de longitud oeste, a una altitud de 2600 (INEGI, 2016).

El clima predominante en el campo experimental donde se realizó la presente investigación es C (w₂)(w)b(i)g, que corresponde al clima templado subhúmedo, el

más húmedo de los subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación media anual de 500-700 mm, con régimen de lluvia en verano, temperatura media anual entre 12° y 18° C, y poca oscilación térmica de 5°- 7° C (García, 1981).

Los suelos en esta zona son de textura franco – arcilloso – arenoso, con un pH que varía de 5.5 a 6.5, el contenido de materia orgánica es de 3 – 4.2 %, (Laboratorio de Suelos del ICAMEX). Las pruebas de análisis de calidad de semilla se realizaron de febrero a septiembre del 2013 en el laboratorio de semillas del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), ubicado en Conjunto SEDAGRO S/N, Colonia Rancho de Guadalupe-San Lorenzo, Metepec, Estado de México.

3.3 Desarrollo experimental

La semilla se obtuvo de los ensayos de rendimiento que realizó el programa de oleaginosas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el Campo Experimental Metepec, Estado de México. Las siembras de dichos ensayos se realizaron con 3 kg ha⁻¹ de semilla en surcos separados a 80 cm. La fertilización fue de 192-69-30 de N-P-K. Al momento de la siembra se aplicó la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y potasio; y a los 60 días el resto del nitrógeno. El manejo de plagas y control de maleza se llevó a cabo de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para este cultivo en la región (Castillo y Vargas, 2005). En todos los años las evaluaciones se condujeron bajo condiciones de temporal, en el ciclo agrícola primavera – verano; la cosecha se realizó del 15 de noviembre al 15 de diciembre de cada año.

Una vez cosechada la semilla, se identificó cada variedad e híbrido con su nombre y ciclo de producción desde 2007 hasta el 2012 y se conservó en recipientes de PVC bajo las condiciones ambientales del almacén de semillas del Campo Experimental Metepec, Estado de México.

En el experimento se incluyeron materiales de tipo convencional, formados en Canadá, Australia y México de la especie *Brassica napus*, todas del ciclo primavera-verano. Se realizaron análisis de calidad de semilla de cuatro variedades; tres de polinización libre: Monty, Aztecan y Canomex y el híbrido comercial Hyola 401, en los años que se indican en el Cuadro 1.

3.4 Diseño experimental

Los factores en estudio fueron variedades (4) y años de producción, las combinaciones estudiadas se dan en el cuadro 1, teniéndose 12 tratamientos, para la evaluación se utilizó un Diseño completamente al azar.

Las variables respuestas estudiadas fueron: Germinación (**GER**), Viabilidad (**VIA**), Índice de Velocidad de Emergencia (**IVE**), Emergencia Total (**EMERT**), Peso de Mil Semillas (**PMS**) y Peso Volumétrico (**PVOL**).

3.5 Pruebas de germinación (GER)

La prueba de germinación se llevó a cabo en cuatro muestras de 100 semillas tomadas al azar de los recipientes en los que se conservaron las accesiones. Las semillas se depositaron en cajas petrí (50 semillas por caja) con papel filtro humedecido y colocadas en una germinadora SD8900 (Seedburo Inc., EUA) a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ en oscuridad durante 7 días. Se mantuvieron con humedad y al final de la prueba se dividió el número total de plántulas consideradas como normales entre el número total de semillas y el dato se expresó en porcentaje.

3.6 Viabilidad (VIA)

La viabilidad (VIA) se calculó mediante la suma del número de plántulas normales más las anormales provenientes de la prueba de germinación dividida entre el número total de semillas sembradas y el dato expresado en porcentaje.

3.7 Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)

Se estableció un experimento en invernadero para evaluar la velocidad de emergencia, utilizando arena como sustrato. La siembra se realizó a una profundidad de 3 cm, bajo un diseño experimental completamente al azar con 25 semillas por repetición. El registro de los datos se inició el día en que se observó la primera plántula emergida (a los 4 días) y concluyó a los 14 días después de la siembra. Se utilizó el índice de velocidad de emergencia propuesto por Maguire (1962), el cual fue estimado de la siguiente manera:

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Número de plántulas al conteo } i - \text{ésimo}}{\text{Número de días después de la siembra al conteo } i - \text{ésimo}}$$

3.8 Emergencia Total (EMERT)

Al final de la prueba del índice de velocidad de emergencia se dividió el número total de plántulas emergidas entre el número total de semillas sembradas y se expresó en porcentaje.

3.9 Peso de Mil Semillas (PMS)

A partir de la semilla pura se contaron ocho repeticiones de 100 semillas tomadas al azar, se pesaron en una balanza analítica de precisión Setra SI-410s® expresando el resultado en gramos; se determinó la varianza (S^2), la desviación típica (S) y el coeficiente de variación (CV) con las fórmulas que se indican a continuación:

$$S^2 = \frac{\sum xi^2 - (\sum xi)^2}{n - 1}$$

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

xi = peso en gramos de cada repetición

n = número de repeticiones

Σ = sumatoria

\bar{x} = promedio del peso de 100 semillas

3.10 Peso Volumétrico (PVOL)

Para determinar el peso volumétrico se utilizó un vaso de precipitado con capacidad de 50 ml, el cual se llenó de semilla, rasándola en la parte superior; el peso se obtuvo en una balanza analítica Setra SI-410s®; este procedimiento se realizó en cuatro repeticiones para cada variedad y año de almacenamiento. Finalmente, el peso volumétrico se expresó en kg hL⁻¹ para lo cual se empleó la conversión correspondiente propuesta por Moreno (1996).

La fórmula para determinar el peso volumétrico es la siguiente:

$$\text{Peso volumétrico (kg HL}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Peso de la semilla}}{\text{Volumen conocido del recipiente}}$$

3.11 Análisis estadístico de la información

Con la información obtenida y para cada prueba se hizo un análisis de varianza, y para aquellas variables en las cuales se detectaron diferencias estadísticas significativas, para la comparación de medias se aplicó la prueba de rango múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$). En todos los casos se analizó con la versión 9.3 de SAS.

Las pruebas de calidad de semillas se realizaron de manera homogénea para todas las variedades, bajo condiciones controladas en laboratorio e invernadero durante el año 2013. Para facilitar la interpretación de los resultados y obtener la máxima información, se procedió al análisis dividiéndolos en tres grupos.

En el grupo 1 se incluyeron los resultados obtenidos con los cuatro materiales, los introducidos (Hyola 401 y Monty), y los locales (Aztecan y Canomex), lo que permitió comparar la respuesta de estos con semilla producida en dos años, 2007 y 2010 (Cuadro 1). El segundo grupo incluyó el híbrido de canola Hyola 401 y la variedad

Monty con semilla de tres años, 2007, 2010 y 2012. En el tercer grupo se compararon las variedades de canola desarrolladas en México, Aztecan y Canomex, también con semilla de tres ciclos, 2007, 2008 y 2010. Además, con los resultados del primer grupo se corrieron correlaciones simples entre las diferentes características determinadas y se realizó un análisis de componentes principales para visualizar las diferencias entre variedades.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comparación entre variedades introducidas (Hyola 401 y Monty) y variedades locales (Aztecan y Canomex)

Para comparar los cuatro materiales se utilizó información de dos períodos o años de almacenamiento con diferencia de tres años entre ellos (2010 vs 2007) en que coincidieron las cuatro variedades estudiadas, en las cuatro variables de calidad fisiológica (Germinación **GER**, Viabilidad **VIA**, Índice de Velocidad de Emergencia **IVE**, Emergencia Total **EMERT**), y las dos variables de calidad física (Peso de Mil Semillas **PMS** y Peso Volumétrico **PVOL**); para la comparación de materiales introducidos se utilizaron los años 2007, 2010 y 2012 y para la comparación de las variedades locales los años 2007, 2008 y 2010 (Cuadro 1), teniéndose los resultados que se indican a continuación.

4.2 Germinación y Viabilidad

En el análisis de varianza (Cuadro 1, Apéndice A) se observan diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para la germinación estándar y viabilidad entre años de almacenamiento, genotipos e Interacción G x A, en ese orden de importancia. Por ello se puede afirmar que hubo una respuesta diferencial de las variedades en la expresión de las variables determinadas, y que la contribución de tiempo de almacenamiento (que incluye el efecto ambiental durante la producción) fue el de mayor influencia.

4.2.1 Germinación

Para esta variable, la variedad Aztecan superó significativamente ($p \leq 0.05$) a las demás variedades; Canomex y Hyola 401 resultaron similares y Monty fue significativamente inferior a los demás. Para el tiempo de almacenamiento, la semilla almacenada en 2010 presentó la mayor germinación, detectándose una reducción del 38.7 % con la del 2007. Para la interacción G x A, la germinación de Canomex presentó de 2010 a 2007 una reducción de 44.25 %; en Aztecan fue el menor porcentaje (21 %) y en Hyola 401 fue del 29.25 %, mientras que Monty tuvo mayor reducción en germinación; todas las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2). El drástico cambio de posición de la variedad Canomex entre años contribuyó a la significancia estadística de la interacción.

Cuadro 2. Prueba de medias para la germinación (%) de variedades introducidas y variedades locales de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.

Genotipo	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año de almacenado		
				Genotipo	Año	Media
Aztecan	69.75 a	2010	73.25 a	Canomex	2010	80.50 a
Canomex	58.37 b	2007	34.56 b	Aztecan	2010	80.00 a
Hyola 401	57.12 b			Hyola 401	2010	71.75 ab
Monty	30.37 c			Monty	2010	60.75 b
				Aztecan	2007	59.50 b
				Hyola 401	2007	42.50 c
				Canomex	2007	36.25 c
				Monty	2007	00.00 d
DMS 0.05	9.430	DMS 0.05	4.956	DMS 0.05		16.10

¹ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Para la comparación de las variedades introducidas, en promedio de los tres años de almacenamiento el híbrido Hyola 401 fue significativamente ($p \leq 0.05$) superior a la variedad Monty; la semilla de esta variedad cosechada y almacenada desde el 2007, no germinó. Respecto a los años de cosecha de la semilla, la germinación disminuyó de acuerdo con el tiempo de almacenamiento (edad de la semilla), así, la semilla producida en años recientes presentó un mayor promedio de germinación. Por otra parte, al comparar la germinación de los materiales con respecto al periodo de

almacenaje (G x A), se observa que, aunque Hyola 401 presentó daño con el tiempo de almacenamiento, este no fue de la misma magnitud como en el caso de Monty. La interacción observada en esta característica no fue del tipo cruzada sino de cambios en magnitud, y las diferencias entre las variedades se acentuaron con el tiempo de almacenamiento (Cuadro 2, Apéndice B).

Por otra parte, la comparación de medias entre las variedades locales, indica que Aztecan presentó el mayor valor, significativamente ($p \leq 0.05$) superior a Canomex. En el caso del tiempo de almacenamiento, el promedio de germinación de la semilla del año 2010 fue significativamente ($p \leq 0.05$) superior a las del 2008 y 2007. Del 2010 al 2008 se observó una reducción en la germinación de 21.5 % y al 2007 fue de 40.3 %. Para la interacción Genotipo X Ambiente, el efecto es significativo, aunque relativamente pequeño. La germinación de semilla de la variedad Canomex se redujo drásticamente conforme se incrementó el tiempo de almacenamiento, no así el de la variedad Aztecan, no obstante, para ambos materiales su germinación de 2010 y 2008 se ubicó en el mismo grupo estadístico, pasando a un grupo de menor germinación la semilla de la variedad Canomex producida en 2007. En cuanto a los porcentajes de reducción, la variedad Canomex disminuyó en 21.74 % del 2010 al 2008 y hasta 55 % en la semilla cosechada en 2007, mientras que en Aztecan se redujo durante los mismos períodos en 21 % y 26 %, respectivamente (Cuadro 2, Apéndice C), lo que demuestra la amplia superioridad de esta última variedad.

4.2.2 Viabilidad

La semilla de la variedad Aztecan fue la de mayor viabilidad, significativamente superior ($p \leq 0.05$), seguida de la de Canomex y Hyola 401, que no presentaron diferencias entre ellos; Monty fue la que tuvo menor viabilidad. Para el tiempo de almacenamiento, la viabilidad se redujo 38.9 % de 2010 a 2007; disminución estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$). La interacción genotipo x almacenamiento fue significativa ($p \leq 0.05$); todas las variedades presentaron sus mayores promedios

en la semilla almacenada en 2010 y con excepción de la variedad Monty que en ambos períodos de almacenamiento tuvo la menor viabilidad, las otras cambiaron de posición en 2007 (Cuadro 3), lo que contribuyó a la significancia de la interacción.

Cuadro 3. Prueba de medias para Viabilidad (%) de variedades introducidas y variedades locales de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Variedad x año de almacenado		
				Variedad	Año	Media
Aztecan	70.00 a	2010	74.19 a	Canomex	2010	81.50 a
Canomex	59.00 b	2007	35.25 b	Aztecan	2010	80.00 a
Hyola 401	58.50 b			Hyola 401	2010	72.50 ab
Monty	31.37 c			Monty	2010	62.75 b
				Aztecan	2007	60.00 bc
				Hyola 401	2007	44.50 cd
				Canomex	2007	36.50 d
				Monty	2007	00.00 e
DMS 0.05	9.37	DMS 0.05	4.924	DMS 0.05		16.01

¹ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

En la viabilidad de semilla de las variedades introducidas, la prueba de comparación de medias indica que en promedio de años de almacenaje, Hyola 401 es significativamente superior a Monty. Al comparar los años de almacenaje, la viabilidad se redujo significativamente ($p \leq 0.05$) del 2012 al 2007. En cuanto a la interacción (G x A), la viabilidad en la variedad Monty, del año 2012 al 2010, se afectó en 25.7 % y la del 2007 en 100 %, en tanto que la reducción en el híbrido Hyola 401 fue importante pero no de la misma magnitud (Cuadro 3, Apéndice B). De manera similar a la germinación, el efecto del almacenamiento prolongado bajo condiciones naturales (subóptimas), muestra un gran efecto diferencial para la viabilidad de la semilla, tal y como fue mencionado por Elias y Copeland (1994).

Estos resultados indican que bajo las condiciones de almacenamiento probadas, la germinación y viabilidad de la semilla de canola se mantienen en los niveles permitidos para su comercialización (de 85%) por un año al almacenarla en condiciones de temperatura y humedad ambiental normal en Metepec, Edo. de

México; almacenarla por un tiempo más prolongado afecta significativamente la viabilidad y germinación y su utilización como semilla en siembras comerciales no es recomendable. Resultados similares fueron consignados por Gusta *et al.* (2004), quienes determinaron la calidad de la semilla producida en diferentes épocas de siembra, y señalaron que el vigor declina en forma lenta después de un año de cosechada. Asimismo, Elías y Copeland (1994) señalan que debido al deterioro de la semilla de canola después de 10 meses de almacenamiento bajo diferentes condiciones, es necesario que mensualmente se evalúe su calidad para siembra, por el decline gradual de la capacidad de germinación y vigor de la misma.

En general, Balešević-Tubić *et al.* (2010) indican que las semillas de cultivos oleaginosos, con alto contenido de aceite, requieren de mayor cuidado porque tienden a un deterioro más acelerado que las de otros tipos de cultivos.

Para las variedades locales, la comparación de medias mostró que Aztecan superó significativamente, al igual que en germinación, a la variedad Canomex. La mayor viabilidad la tuvo la semilla cosechada en 2010, reduciéndose de 17.64 a 40.24% conforme aumentó el tiempo de almacenamiento (de 2008 a 2007). La viabilidad de Canomex de 2010 a 2008 se redujo en 36.8 % y en 2007 en 55.2 %, mientras que Aztecan de 2010 a 2008 se conservó en el mismo grupo estadístico en cuanto a su viabilidad, y se redujo en 26.4 % en la cosechada en el año 2007. Lo anterior indica que en viabilidad la semilla de Aztecan posee mayor tolerancia al tiempo de almacenamiento. Para la interacción Genotipo x Ambiente, los mayores promedios los obtuvieron Canomex y Aztecan en semilla del año 2010; sin embargo, la variedad Canomex también presentó los más bajos promedios en los años 2008 y 2007, e indica que esta variedad es más sensible al almacenamiento prolongado en comparación con la variedad Aztecan (Cuadro 3, Apéndice C).

4.3 Índice de Velocidad de Emergencia y Emergencia Total

El análisis de varianza del índice de velocidad de emergencia detectó diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) en las fuentes de variación años e interacción G x A, mientras que los genotipos no presentaron diferencias significativas. Para la emergencia total las tres fuentes de variación presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$). El factor años fue la fuente de mayor proporción de la varianza observada en ambas características, seguida de la interacción G x A y por último el efecto de las variedades (Cuadro 2, Apéndice A). Este resultado, en parte fue debido a lo prolongado de los períodos de almacenamiento de la semilla, ya que como fue mencionado por Balešević-Tubić *et al.* (2010), la semilla de especies oleaginosas tiende a deteriorarse en menor tiempo y mayor proporción que la de especies no oleaginosas.

4.3.1 Índice de Velocidad de Emergencia

Las cuatro variedades presentaron promedios estadísticamente iguales; la semilla con mayor tiempo de almacenamiento (5 años) reportó los más bajos promedios, significativamente diferentes a la semilla almacenada por dos años (2010). Para la interacción Genotipo X Tiempo de Almacenamiento, destaca la variedad Monty con el mayor promedio en el año 2010 (2 años de almacenamiento), y fue la del menor promedio en la semilla almacenada en 2007 (5 años de almacenamiento); esta tendencia fue generalizada en todas las variedades, excepto para el híbrido Hyola 401 en el cual los promedios se invirtieron sin ser estadísticamente diferentes (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de medias para el Índice de Velocidad de Emergencia de variedades introducidas y variedades locales de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.

Genotipo	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año de almacenado		
				Genotipo	Año	Media
Hyola 401	4.55 a	2010	5.13 a	Monty	2010	6.12 a
Aztecan	3.77 a	2007	1.86 b	Aztecan	2010	5.77 a
Monty	3.06 a			Hyola 401	2007	4.66 ab
Canomex	2.60 a			Hyola 401	2010	4.44 abc
				Canomex	2010	4.18 abc
				Aztecan	2007	1.76 bcd
				Canomex	2007	1.01 cd
				Monty	2007	00.00 d
DMS 0.05	2.320	DMS 0.05	1.219	DMS 0.05		3.453

¹ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

La comparación de medias entre las variedades introducidas Hyola 401 y Monty indica que fueron diferentes. Respecto al tiempo de almacenamiento de la semilla, la producida en 2012 obtuvo el mayor Índice de velocidad de emergencia y fue estadísticamente superior al de la semilla almacenada desde 2010 y este a su vez superior a la del 2007. El IVE se redujo en 3.3 unidades en 2010 y en 2.9 unidades en 2007. Al comparar la respuesta de los materiales con respecto al periodo de almacenamiento (G x A), la variedad Monty fue la más afectada debido a que de 2012 a 2010 el IVE se redujo en 32.6%, y en el periodo más largo de almacenamiento se redujo en 100%. Por el contrario, aunque el híbrido Hyola 401 resultó menos afectado en el período de almacenamiento evaluado, la pérdida de velocidad de emergencia de la semilla cosechada y almacenada desde 2007, fue de más del 40% en su valor al compararla con la de 2012. La interacción para el IVE fue muy importante en la variedad Monty ya que siempre conservó el promedio mayor y significativamente diferente en menos años de almacenamiento, en tanto que para el híbrido Hyola 401 solo se detectó diferencia estadística en el año más reciente de almacenamiento; en los anteriores (2007 y 2010) no se detectó diferencia estadística entre ellos (Cuadro 5, Apéndice B).

El índice de velocidad de emergencia de las variedades locales indica que Aztecan nuevamente superó a Canomex ($p \leq 0.05$) y el valor se redujo con el período de almacenamiento, observándose el mayor valor en la semilla de 2010. Esta misma

tendencia se presentó en la interacción G x A, destacando una gran caída en el valor de Canomex para la semilla producida y almacenada desde el 2007 (Cuadro 5, Apéndice C).

4.3.2 Emergencia total

Los dos materiales locales, así como Hyola 401, no presentaron diferencias estadísticas entre ellos ($p \leq 0.05$) y fueron superiores a Monty, que obtuvo el menor promedio. Para el tiempo de almacenamiento el promedio más alto lo presentó la semilla de menor tiempo de almacenamiento (2010), siendo significativamente diferente a la almacenada en 2007 (5 años de almacenamiento); de igual forma, en la interacción Genotipo x Tiempo de Almacenamiento se observó una reducción en el EMERT conforme aumentó el tiempo de almacenamiento, con cambios en la posición de las Variedades (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de medias para la Emergencia Total (%) de variedades introducidas y variedades locales de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año de almacenado		
				Variedad	Año	Media
Hyola 401	47.00 a	2010	57.00 a	Canomex	2010	62.00 a
Aztecan	44.50 a	2007	24.75 b	Aztecan	2010	57.00 a
Canomex	44.00 a			Monty	2010	56.00 a
Monty	28.00 b			Hyola 401	2010	53.00 ab
				Hyola 401	2007	41.00 abc
				Aztecan	2007	32.00 bc
				Canomex	2007	26.00 c
				Monty	2007	00.00 d
DMS 0.05	15.165	DMS 0.05	7.971	DMS 0.05		23.837

¹ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

La comparación de medias entre variedades introducidas indica que el híbrido Hyola 401 es significativamente superior a la variedad Monty; para el tiempo de almacenamiento, la semilla del 2012 presentó la mayor EMERT, significativamente superior a la cosechada en 2010 y este a su vez a la del 2007. Del 2012 a 2010 la EMERT decreció en un 23 %, mientras que de 2012 a 2007 se redujo en un 71 %. Al comparar la EMERT de la variedad Monty con el híbrido Hyola 401 en función del periodo de almacenamiento, se observa que la EMERT de Monty en 2010 fue menor a la de 2012 en un 22.2 %, y de 2012 a la de 2007 se redujo en un 100%. Por su parte el híbrido Hyola 401 en 2012 presentó el promedio más alto el cual se redujo conforme avanzó el período de almacenamiento (Cuadro 6, Apéndice B). Estos resultados son congruentes con los reportados por Elias y Copeland (1994) y de nuevo indican que la presencia de interacción entre Genotipo x Año, aunque significativa no es muy importante por su nivel de contribución a la varianza fenotípica total observada para esta característica.

No se observaron diferencias estadísticas entre las variedades locales. En el caso de años de almacenamiento, la emergencia total en 2010 fue estadísticamente superior a la registrada en la semilla de 2008 y 2007. De 2010 a 2008 la EMERT disminuyó en 42 %, y en 2007 decreció en 51.3 %, mientras que en la interacción Genotipo x Ambiente la variedad Aztecan de 2010 a 2008 se redujo en 36.84% y en 2007 en 43.85% detectándose un cambio en la posición de las variedades al pasar del 2008 al 2010, lo que contribuyó a su significancia y sugiere un importante efecto de la interacción genotipo x años de almacenamiento sobre esta característica (Cuadro 6, Apéndice C).

4.4 Peso de Mil Semillas y Peso Volumétrico

El análisis de varianza del peso de mil semillas, detectó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre las fuentes de variación genotipos, años de almacenamiento y para la interacción genotipo x años. Mientras que para el peso volumétrico, la fuente de variación variedades presentó diferencias altamente

significativas ($p \leq 0.01$), los años de almacenamiento presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), y para la interacción genotipo por años de almacenamiento no se detectaron diferencias (Cuadro 3, Apéndice A).

4.4.1 Peso de mil semillas

En esta variable, Canomex y Aztecan presentaron el mayor promedio y estadísticamente fueron superiores a Hyola 401. La semilla de Monty fue inferior a todos los tratamientos ($p \leq 0.05$). Para el tiempo de almacenamiento, la semilla cosechada en 2007 fue superior a la de 2010; lo que sugiere que esta característica no fue afectada por el tiempo de almacenamiento pero sí por el ambiente de producción ocurrido en cada año, siendo el de 2007 el más favorable. En la interacción Genotipo x Tiempo de Almacenamiento los mayores promedios se presentaron en la semilla almacenada en 2007 en las variedades Aztecan y Canomex, así como en el híbrido Hyola 401, con una fuerte caída de Aztecan en la semilla cosechada en 2010, así como de la variedad Monty en el año 2007, lo que contribuyó a la significancia de la interacción (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de medias para el Peso de Mil Semillas (g) de variedades introducidas y variedades locales de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes períodos.

Genotipo	Media	Año	Media	Genotipo x año de almacenado		
				Genotipo	Año	Media
Canomex	5.08 a ¹	2007	4.79 a	Aztecan	2007	5.97 a
Aztecan	4.82 a	2010	4.28 b	Canomex	2007	5.21 b
Hyola 401	4.36 b			Canomex	2010	4.96 b
Monty	3.90 c			Hyola 401	2007	4.36 c
				Hyola 401	2010	4.35 c
				Monty	2010	4.15 c
				Aztecan	2010	3.67 d
				Monty	2007	3.64 d
DMS 0.05	0.267	DMS 0.05	0.140	DMS 0.05		0.452

¹ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Los promedios para el PMS de las variedades introducidas, indican que el híbrido Hyola 401 fue de mayor promedio superando a la variedad Monty. Respecto al tiempo de almacenamiento, el mayor promedio se presentó en semilla del 2010 que fue estadísticamente superior ($p \leq 0.05$) al de la semilla de 2007 y 2012. En la interacción G x A, los mayores valores se presentaron en el híbrido de canola Hyola 401 cosechado en 2007 y 2010. Esto último indica que no hubo un efecto por el tiempo de almacenamiento en esta característica, sino de las condiciones de producción en cada año de prueba. Para el caso de la variedad Monty se observó un peso más bajo en la semilla cosechada y almacenada desde el 2007, y para las semillas cosechadas en 2010 y 2012, no se detectó diferencia estadística, lo que apoya la observación de una baja influencia por el tiempo de almacenamiento sobre esta característica (Cuadro 8, Apéndice B). Las características del tamaño y peso de la semilla de canola se han señalado como importantes, ya que lotes de semilla grande, en comparación con semilla mediana y chica de las mismas variedades, mejoraron el establecimiento de plántulas, el peso de la parte aérea de la planta, la biomasa total y el rendimiento, así como la tolerancia a los escarabajos del género *Phyllotreta* (Elliott *et al.*, 2008).

Para el caso de las variedades locales, el promedio de Aztecan resultó significativamente superior ($p \leq 0.05$) a Canomex en peso de mil semillas, mientras que en años de almacenamiento se presentaron de mayor a menor en 2007, 2008 y 2010, respectivamente. Cabe señalar que el peso de la semilla es independiente del período de almacenamiento y que más bien depende de la variedad y de las condiciones de producción en cada año en particular; en 2007 las condiciones ambientales favorecieron el peso de la semilla. Para la interacción G x A, particularmente la semilla de la variedad Aztecan presentó mayor valor en 2007, seguida por 2008 y 2010. Para el caso de Canomex, sus tres valores de PMS se ubicaron en el mismo grupo de medias. En esta característica, la interacción Genotipo x Año de Almacenamiento fue relativamente importante porque hubo cambio de posición del genotipo a través de los años (Cuadro 8, Apéndice C).

4.4.2 Peso Volumétrico

En la variable de peso volumétrico, la semilla de la variedad Canomex supero significativamente a los materiales introducidos y la variedad Aztecan fue similar a estos, con una tendencia a superarlos. Para el tiempo de almacenamiento, aunque no se detectó diferencia significativa. En la interacción variedad por tiempo de almacenamiento, el promedio más alto lo presentó la semilla de la variedad Canomex en 2007 que fue significativamente diferente a Monty que presentó el promedio más bajo en el mismo año (Cuadro 7).

Cuadro 7. Prueba de medias para el Peso Volumétrico (kg hL⁻¹) de variedades introducidas y variedades mexicanas de canola a partir de semilla almacenada en dos diferentes periodos.

Genotipo	Media	Año	Media	Genotipo x año de almacenado		
				Genotipo	Año	Media
Canomex	67.13 a ¹	2010	66.12 a	Canomex	2007	67.19 a
Aztecan	65.98 ab	2007	65.30 a	Canomex	2010	67.07 a
Hyola 401	65.08 b			Aztecan	2010	66.89 a
Monty	64.64 b			Monty	2010	65.50 ab
				Hyola 401	2007	65.14 ab
				Aztecan	2007	65.07 ab
				Hyola 401	2010	65.02 ab
				Monty	2007	63.78 b
DMS 0.05	1.577	DMS 0.05	0.829	DMS 0.05		2.725

¹ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey (p ≤ 0.05).

Para la comparación de los promedios de las variedades introducidas, aunque las diferencias causadas por los factores en evaluación no fueron significativas, hubo un mayor peso volumétrico en el híbrido Hyola 401 en comparación con la variedad Monty. En el efecto del tiempo de almacenamiento no hubo diferencias significativas, las dos variedades con menor tiempo de almacenamiento (semilla de los años 2010 y 2012) presentaron mayor peso en comparación con la del 2007. Para la interacción

Genotipo X Ambiente, aunque no se presentaron diferencias estadísticas, se observa que el híbrido Hyola 401 presenta un comportamiento más uniforme en comparación con la variedad Monty que alcanzó el promedio más alto en la semilla de los años 2010 y 2012 y el más bajo en el año 2007 (Cuadro 9, Apéndice B).

Para las variedades locales Canomex y Aztecan, se observó que la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), no detectó diferencias estadísticas entre las medias del peso volumétrico entre variedades, tiempo de almacenamiento e interacción G x A. (Cuadro 9, Apéndice C).

En general, en lo que respecta a la consistencia en la respuesta de las cuatro variedades considerando las variables evaluadas a través de años, se detectó lo siguiente:

Al comparar los materiales introducidos Hyola 401 y Monty con las variedades Aztecan y Canomex, se detectó que las variedades locales superaron a las variedades introducidas, en cuatro de las 6 variables evaluadas dos de calidad fisiológica (GER y VIA) y dos de calidad física (PMS y PVOL); la variedad que presentó el mayor promedio en estas variables fue Aztecan, que resultó significativamente diferente a la variedad Monty la cual presentó los valores más bajos. La variedad Canomex y el híbrido Hyola 401 tuvieron promedios intermedios y estadísticamente similares en las variables relacionadas con la calidad fisiológica: GER, VIA, IVE y EMERT; sin embargo, para el caso de las variables de calidad física, PMS y PVOL, la variedad Canomex superó significativamente ($p \leq 0.05$) al híbrido Hyola 401.

Respecto al tiempo de almacenamiento, se detectaron diferencias significativas en las variables de calidad fisiológica: GER, VIA, IVE y EMERT, así como en peso de mil semillas, observándose los mayores promedios en las variedades almacenadas por un menor tiempo (dos años). La variable peso volumétrico (calidad física) no presentó diferencia significativa entre años.

Para la interacción Genotipo x Tiempo de Almacenamiento, en las variables de calidad fisiológica: GER, VIA y EMERT, los mayores promedios los presentó la variedad local Canomex con tiempo de dos años (2010) y el menor promedio, significativamente diferente ($p \leq 0.05$), la variedad Monty con cinco años en almacén (2007). En estas variables se detectó una tendencia generalizada en todos los materiales a obtener los mayores promedios con el menor tiempo de almacenamiento (2010) para la variable IVE la variedad Monty presentó el mayor promedio siendo estadísticamente igual a la variedad Aztecan para el almacenamiento de dos años (2010) y el promedio menor lo presentó la variedad Monty con 5 años de almacenamiento (2007) y estadísticamente similar a la variedad Canomex para el mismo tiempo de almacenamiento. Para las variables de calidad física, PMS y PVOL, nuevamente el promedio más bajo lo presentó la variedad Monty almacenada por mayor tiempo (cinco años), siendo estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$) a la variedad local Canomex almacenada por un tiempo similar.

De las variedades introducidas, en términos generales, se observó que el híbrido Hyola 401 superó significativamente a la variedad Monty en las variables de calidad fisiológica: GER, VIA, IVE y EMERT, y en una variable de calidad física: PMS. También hubo una tendencia a favor del híbrido en peso volumétrico, lo que puede ser explicado en función de un mayor peso de semillas o de mayor reserva, lo que se refleja en el vigor híbrido inherente al genotipo. El tamaño y peso de la semilla de canola fueron señalados como características importantes por Elliott *et al.* (2008).

Respecto a los años de almacenamiento evaluados: 1, 2 y 5 (años: 2012, 2010 y 2007, respectivamente), se observaron diferencias significativas en las cuatro variables de calidad fisiológica: GER, VIA, IVE y EMERT, con los mayores promedios en el menor tiempo de almacenamiento (semilla cosechada en 2012) y los más bajos, en el 2007; es decir el proceso de deterioro fue mayor conforme se incrementó el período de almacenamiento. Para la variable PMS la semilla del 2010 presentó el promedio más alto y estadísticamente diferente a la de 2007 y 2012. Este resultado probablemente se debe a un ambiente de producción más favorable para la producción de semilla en el 2010 y a un reducido efecto del tiempo de

almacenamiento sobre esta característica. Gusta *et al.* (2004) mencionan que el ambiente tiene un efecto significativo sobre el vigor de la semilla, de tal forma que se deben buscar localidades y/o sistemas de producción que consistentemente produzcan semilla de buena calidad.

Para la variable PVOL no se detectó diferencia significativa, no obstante, se observa una tendencia similar a la variable PMS con los promedios en orden descendente para los años 2010, 2012 y por último el 2007.

La interacción Genotipo x Ambiente fue significativa en cinco de las seis variables evaluadas. Esto a pesar de la tendencia sistemática del híbrido Hyola 401 a presentar los promedios más altos con un año de almacenamiento (2012) en las dos primeras variables (GER y VIA), mientras que en la tercera y cuarta variable (IVE y EMERT), fue estadísticamente similar al promedio más alto, en 2010, no hubo diferencia significativa entre genotipos y si en 2007 donde nuevamente la variedad Monty presentó una diferencia estadística con el promedio más bajo. Para la variable PMS nuevamente la variedad Hyola 401 presentó el promedio mayor y estadísticamente diferente a Monty con cinco años de almacenamiento (2007). Por último, en la variable de peso volumétrico no se detectó diferencia estadística significativa. La respuesta superior del híbrido Hyola 401 puede ser atribuida al vigor intrínseco del híbrido o a su mayor peso de semilla, resaltando que para las variables fisiológicas de GER y VIA que son realizadas bajo condiciones óptimas, el híbrido presenta el mayor promedio, mientras que en las pruebas de IVE y EMERT que se realizaron en un medio físico, para ambas la tendencia fue que la variedad presentó los mayores promedios, lo que puede ser atribuido a que ésta posea una cubierta de semilla más delgada que la del híbrido Hyola 401.

El período de almacenamiento no impactó en el peso volumétrico de ambas variedades, como lo demuestra la ausencia de diferencias en esta variable, que probablemente es menos afectada tanto por el ambiente de producción como por el periodo de almacenamiento. Resultados similares en cuanto al peso volumétrico, e inclusive rendimiento y componentes del híbrido Hyola 401 fueron reportados por

Ortegon *et al.* (2006) en un estudio de fechas de siembra conducido en un grupo de variedades e híbridos en el Norte de Tamaulipas.

En la comparación entre las dos variedades locales se detectaron de manera general diferencias significativas en cuatro variables evaluadas: GER, VIA, IVE y PMS, siendo Aztecan la que presentó el mayor valor promedio en comparación con Canomex; y una tendencia similar, aunque no significativa, se detectó en las variables EMERT y PVOL.

En relación al tiempo de almacenamiento de 2, 4 y 5 años, se observó que los promedios en las variables de calidad fisiológica: GER, VIA, IVE y EMERT, disminuyeron conforme se tuvo mayor tiempo de almacenamiento, siendo estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) los promedios entre los años 2010, 2008 y 2007 para las variables GER y VIA y estadísticamente iguales los de los años 2008 y 2007 para las variables IVE y EMERT, pero con una tendencia de mayores promedios en 2008. En el caso del peso de mil semillas el mayor promedio lo presentó la del 2007, seguida del 2008 y por último el 2010, siendo estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). De manera similar que con las variedades introducidas, tampoco en las variedades locales se observó efecto negativo del tiempo de almacenamiento en el peso de la semilla.

Para la variable PVOL aunque no se detectaron diferencias significativas, se observó una tendencia a obtener el mayor promedio en la semilla con menor tiempo de almacenamiento (2010).

Para la interacción Genotipo x Ambiente, en términos generales la variedad Canomex almacenada por 2 años (2010) y 5 años (2007) presentó el mayor y el menor promedio, respectivamente, en todas las variables fisiológicas evaluadas (GER, VIA, IVE y EMERT), detectándose diferencias significativas en todas ellas, para el caso de las variables PMS y PVOL aunque la tendencia se invirtió no se detectaron diferencias significativas. Por su parte la variedad Aztecan presentó

promedios intermedios con diferencias significativas entre los años 2010 y 2007, con excepción de la característica de peso volumétrico.

4.5 Análisis de correlaciones simples

La emergencia total, como indicador de vigor y del comportamiento en campo, correlacionó significativamente con la viabilidad de la semilla ($r=0.84$), germinación ($r=0.84$), e índice de velocidad de emergencia ($r=0.86$); es decir, que las características fisiológicas de la semilla influyen en la emergencia total, que a su vez es un indicador de la respuesta que se tendría en campo (Cuadro 8). Por otra parte, la correlación negativa entre el PMS y el IVE, aunque no fue alta, sugiere que una semilla de menor peso, emerge en menos tiempo o en forma más sincronizada, que la de mayor peso.

Cuadro 8. Coeficientes de correlación y significancia estadística entre variables de calidad de semilla evaluadas en cuatro variedades de canola.

	VIA	GER	IVE	EMERT	PMS	PVOL
VIA	1.00000	0.99891 < 0.0001	0.67194 < 0.0001	0.84711 < 0.0001	-0.0588 0.6912	0.1741 0.2366
GER		1.0000	0.66443 < 0.0001	0.84235 < 0.0001	-0.0625 0.6730	0.1696 0.2491
IVE			1.00000	0.86929 <0.0001	-0.4728 0.0007	0.0113 0.9390
EMERT				1.00000	-0.2495 0.0873	0.1346 0.3615
PMS					1.00000	0.1670 0.2566
PVOL						1.00000

4.6 Análisis de dispersión

Como resultado del análisis de Componentes Principales (CP) de las variables determinadas, los dos primeros componentes explicaron el 97 % de la varianza total (Cuadro 4, Apéndice A). En el CP 1 las variables germinación y viabilidad resultaron sobresalientes, seguidas por el PMS y EMERT, o sea que es un componente de mayor porcentaje y mayor peso; mientras en el CP 2 la variable de mayor peso fue el índice de velocidad de emergencia.

La Figura 1 muestra una respuesta diferencial entre las cuatro variedades de canola evaluadas; para el caso de la variedad Monty su respuesta estuvo definida con base en la expresión de una baja emergencia total, asociada a los valores más bajos en la expresión de las variables evaluadas, lo cual indica un mayor deterioro de la semilla a través de los años de almacenamiento, características que lo ubican como la variedad de menor tolerancia al almacenamiento prolongado. La variedad Canomex presentó características sobresalientes; sin embargo, tuvo el más bajo índice de velocidad de emergencia, razón por la cual se ubicó en el cuarto cuadrante. La variedad Aztecan presentó en general las características más sobresalientes evaluadas en laboratorio e invernadero, superior al híbrido Hyola 401, salvo en IVE y EMERT, en las que presentaron respuesta similar.

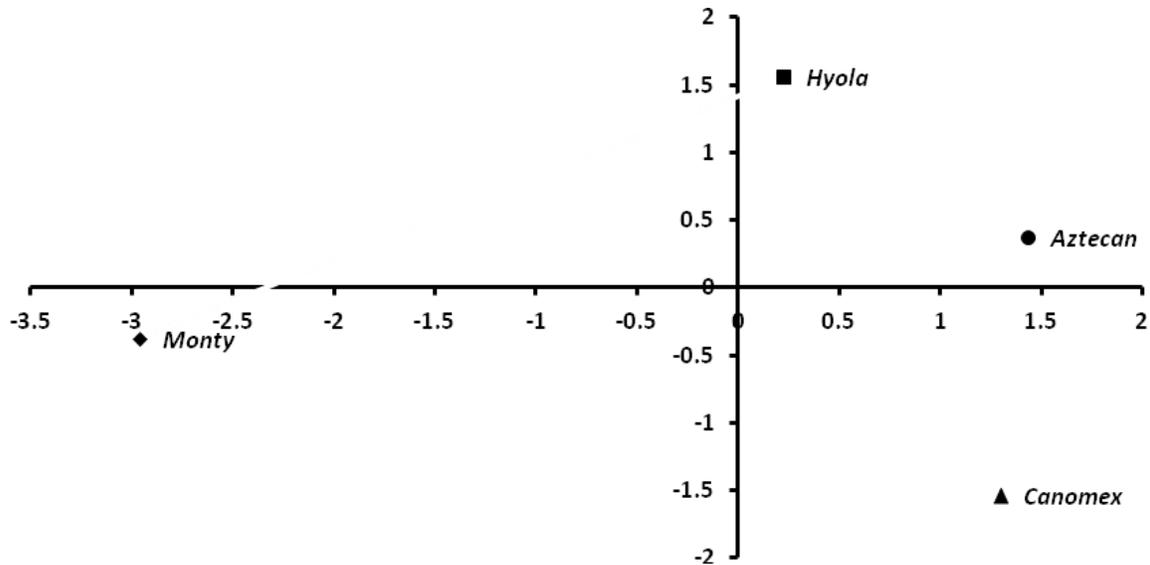


Figura 1. Dispersión de las variedades de canola evaluadas en características de calidad de semilla.

4.7 Análisis conglomerado

En la Figura 2 se observan dos grupos, uno formado por variedades locales y otro con las variedades introducidas. Las variedades locales muestran una similitud o cercanía que las introducidas, la distancia observada entre estas últimas se debe a su diferente origen genético, ya que una fue desarrollada en Canadá y otra en Australia. Los materiales locales muestran similitud entre ellos, ya que probablemente comparten progenitores en común.

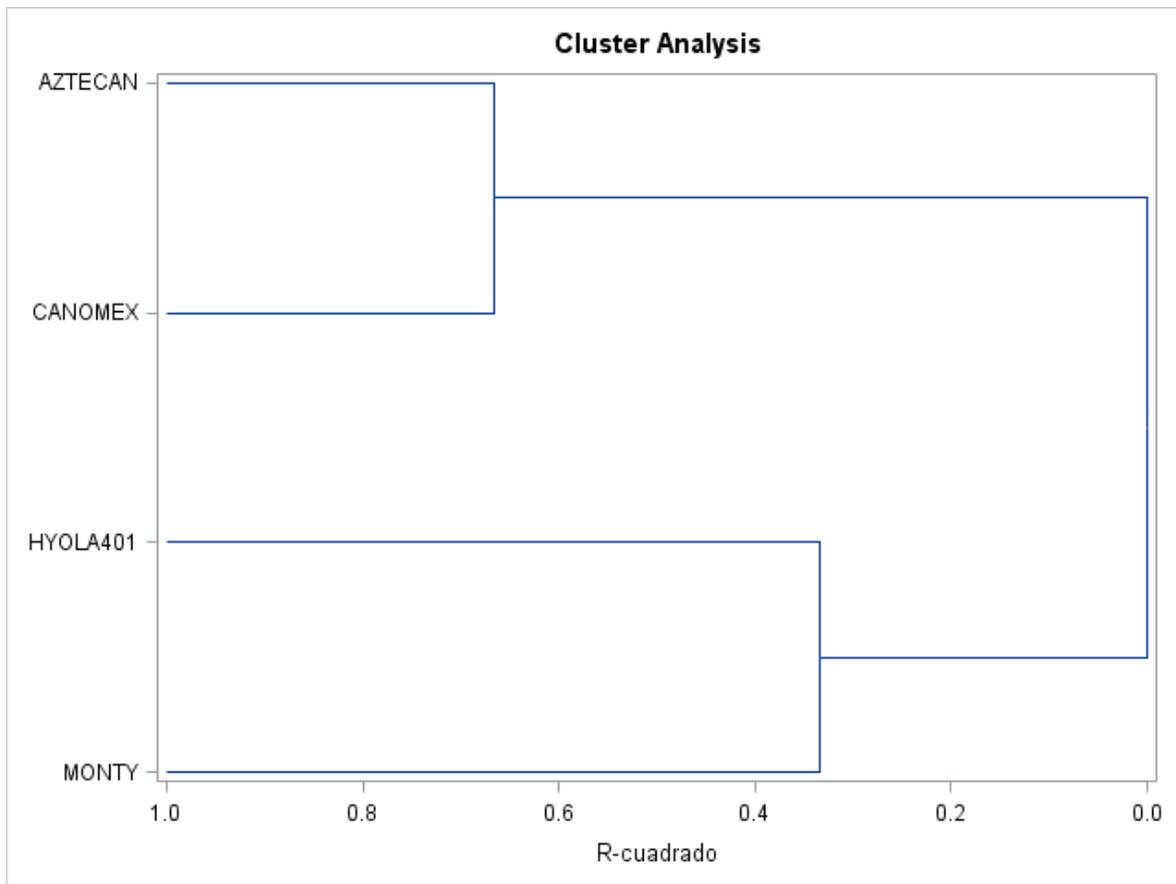


Figura 2. Distancia por similitud en calidad de semilla, entre cuatro variedades de canola.

Las diferencias en el tiempo de almacenamiento de las semillas, así como las condiciones de almacenamiento, ejercen influencia significativa en la germinación de la semilla, particularmente en la de cultivos oleaginosos (Sisman, 2005; Balesevic-Tubic *et al.*, 2010). El envejecimiento de las semillas en almacenamiento es un fenómeno inevitable, pero el nivel y velocidad del decline en su calidad depende fuertemente, además de las condiciones de almacenamiento, de la especie y de la calidad inicial de la semilla. (Elias y Copeland, 1994; Nkang y Umoh, 1997), así como de las características genéticas de la variedad. En este estudio, la variedad Aztecan mostró la capacidad de retener sus características de calidad de semilla a través de un número reducido de años bajo almacenamiento natural.

En los diferentes grupos analizados, se observó que la calidad de la semilla de canola almacenada bajo condiciones naturales mostró un deterioro acelerado después de un año de almacenamiento, deterioro que fue diferencial entre las variedades evaluadas. Milosevic *et al.* (1996) sugieren que la longevidad de la semilla está genéticamente determinada y la existencia de diferencias significativas entre variedades de la misma especie en su capacidad de mantener su calidad durante el almacenamiento. Por ello, se puede decir que la longevidad de la semilla puede mejorarse mediante procedimientos de mejoramiento genético adecuados, zona adecuada de producción, paquetes tecnológicos, buen manejo postcosecha y adecuado envasado y almacenamiento.

V. CONCLUSIONES

La semilla de las variedades tanto introducidas como locales de canola mostró pérdida de calidad después de un año en almacenamiento bajo condiciones normales de temperatura y humedad, en el almacén ubicado en Metepec, Edo de México.

De las variedades introducidas, el híbrido Hyola 401 superó a la variedad Monty en cuatro variables de calidad de semilla: germinación, viabilidad, emergencia y peso de 1000 semillas. De las variedades locales, la variedad superó significativamente a Canomex.

El peso de mil semillas de Aztecan y Canomex fue mayor que el de las variedades Hyola 401 y Monty, característica indicativa de que un mayor nivel de reservas se pueden utilizar durante la germinación e influir positivamente en las características de calidad.

En los tres grupos de variedades estudiadas, los efectos de la interacción Variedad X Ambiente sobre las características relacionadas con la calidad de la semilla, aunque fueron significativos, no fueron importantes en la explicación de la varianza observada. El factor que más influyó sobre la calidad de la semilla, fue el tiempo de almacenamiento.

VI. LITERATURA CITADA

- Abdul-Baki, A. A. and J. D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. *Crop Sci.* 13:630-633.
- Balešević-Tubić, S., Tatić, M., Đorđević, V., Nikolić, Z. and V. Đukić. 2010. Seed viability of oil crops depending on storage conditions. *HELIA* 33:153-160.
- Bewley, J. D. and M. Black. 1994. *Seeds: Physiology of development and germination.* Plenum Press, New York. p. 445.
- Brandt, S. A., S. S. Malhi, D. Ulrich, G. P. Lafound, H. R. Kutcher and A. M. Johnston. 2007. Seedling rate, fertilizer level and disease management effects on hybrid versus open pollinated canola (*Brassica napus* L.). *Can. J. Plant Sci.* 87 (2): 255-266.
- Canola Encyclopedia. 2013. Canola Council of Canada. Disponible en: <http://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/crop>. (Verificado el 23/10/2013).
- Castillo T. N. 2002. Programa Nacional de Investigación, Validación y Transferencia de Tecnología en canola 2001-2002 y 2003. SAGARPA, INIFAP. México. p 43.
- Castillo T. N. y M. P. Vargas V. 2005. Memoria Técnica. Día de campo CEVAMEX. Publicación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. pp 86 – 90.
- Cuevas, C. 1996. Análisis de la calidad física de semillas forestales. In: Primer Seminario Nacional sobre Mejoramiento Genético y Semillas Forestales. Memorias. F. Mesen, Y. Rodríguez, A. Sánchez, Eds. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. p. 60.
- Devlin, R. M. 1982. *Fisiología vegetal.* Ed. Omega, S.A. Barcelona. pp. 56-324.
- Elias, S. G. and L. O. Copeland. 1994. The effect of storage conditions on canola (*Brassica napus* L.) seed quality. *J. Seed Technol.* 18(1):21-29.
- Elias S. G. and S. G. Copeland. 1997. Evaluation of seed vigor for canola. *Seed Technology.* 19: 78-79.
- Elliott, R. H., L. W. Mann and O. Olfert. 2005. Vigor tests for evaluating the performance of Argentine canola (*Brassica napus* L.) under different growing conditions. *Seed Technology.* 27: 273-285.

- Elliott, R. H., C. Franke and G. F. W. Rakow. 2008. Effects of seed size and seed weight on seedling establishment, vigour and tolerance of Argentine canola (*Brassica napus*) to flea beetles, *Phyllotreta* spp. *Can. J. Plant Sci* 88:207-217.
- Elliott, R. H. 2013. Effect of storage conditions and seed quality on germination and seed grade of open pollinated and hybrid Argentine canola. Saskatoon Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, carp project #2003-02-01-19. En: canolacouncil.org. Consulta 20/10/13.
- Ellis, R. H. and E. H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed and Tech.* 9:377-409.
- FAO. 2010. Estadísticas de producción de cultivos. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación [en línea] <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- FAO. 2014. Estadísticas de producción de cultivos. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación [en línea] <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S> (Verificado el 28/09/16).
- Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigor testing. In: Seed vigor testing seminar. Zurich: International Seed Testing Association. Copenhagen, Denmark. pp 1-9.
- Financiera Rural. 2011. Monografía de colza/canola. Dirección Adjunta de Planeación Estratégica. Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial. 8p.
- Franklin, P., R. Brent and L. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press, Ames IO, USA 327 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Adaptado para las Condiciones de la República Mexicana. 3ª Ed. Offset., Lario Ed. S.A. 252 pág.
- González A. 2003. Guía para la producción de canola bajo riego en el centro y sur de Jalisco. Folleto para productores No.1. Campo Experimental Altos de Jalisco. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 30 p.
- Gusta, L. V., E. N. Johnson, N. T. Nesbitt, and K. J. Kirkland. 2004. Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. *Can J. Plant Sci.* 84(2):463-471
- Hartmann H. T. and D. E. Kester. 1994. Propagación de plantas; principios y prácticas. Ed. CECSA México, D.F. pp. 137- 145.
- Instituto Nacional de estadística y Geografía (INEGI). 2016. Mapa Digital de México. Disponible en:

<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE5LjI0NDUwLGxvbjotOTkuNjExMTMsejoxMSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>.
(Verificado 28/09/16).

- ISTA. International Seed Testing Association. 1995. International Rules for Seed Testing. Rules 1996. Seed Sci. Technol. 13(2): 299-355
- ISTA. International Seed Testing Association 1996. International Rules for Seed Testing. Ed. Baessersdorf, Ch-Switzerland.
- ISTA. International Seed Testing Association. 2005. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- Maguire, J. D. 1962. Speed germination-aid in selection and evaluation of seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2(2): 176-177.
- McDonald, B., Bruce, V., Murthy, G. and Latta, M. 1995. Assessment of the nutritional properties of low-linolenic (LL) canola oil with human subjects. Human Nutrition and Chemistry. Department Foods & Nutrition, University of Manitoba, Canada. pp 849-851.
- Milošević, M., Ćirović, M., Mihaljev, I., Dokić, P., 1996. Opšte semenarstvo, Feljton, Novi Sad, pp.148-153.
- Moreno, M. E. and C. S. Muñoz. 1999. Nuevas opciones de cultivo para el sur de Sonora. Día del agricultor. INIFAP Memoria. Publicación especial N° 6.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª. Edición. Instituto de Biología. UNAM. México. D.F. 383 p.
- Muñoz V. S. y F. A. Díaz. 1999. Guía para producir canola en el Sur de Sonora. Folleto para productores No. 33. Campo experimental del Valle del Yaqui. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 20 p.
- Nkang, A., and E. O. Umoh. 1997. Six month storability of five soybean cultivars as influenced by stage of harvest, storage temperature and relative humidity. Seed Sci. Technol. 25: 93-99.
- Nagel, M., and Börner, A. 2010. The longevity of crop seeds stored under ambient conditions. Seed Sci. Res. 20, 1–12. DOI: 10.1017/S0960258509990213.
- Nagel, M., Rosenhauer, M., Willner, E., Snowdon, R. J., Friedt, W., & Börner, A. 2011. Seed longevity in oilseed rape (*Brassica napus* L.) genetic variation and QTL mapping. *Plant Genetic Resources*, 9 (02), 260-263.

- Ortegón, M. A. 2003. Guía para la producción de canola en el norte de Tamaulipas. Folleto para Productores No. 14. Campo Experimental Río Bravo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México 15 p.
- Ortegón, M. A., F. A. Díaz y L. A. Ramírez. 2006. Rendimiento y calidad de semillas de variedades e híbridos de canola en el norte de Tamaulipas, México. Rev. Fitotec. Mex. 29:181-186.
- Osorio, C. A. 1986. Estudio para una Tecnología adecuada en el cultivo de colza (*Brassica napus* L.) en el Estado de Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. México. 75 p.
- Ospina, M. J. E. 2002. Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos. Unidad de publicaciones de la facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia. 230 p.
- Prakash, S. 1980. Cruciferous oilseed in India. In: S, Tsumoda, K, Hinata and C. Gomez-Campo (Eds.) *Brassica* crops and wild allies. Biology and Breeding. Japan Scient. Soc. Press, Tokyo. pp. 151-163.
- Raymer, P. L. 2002. Canola: An emerging oilseed crop. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), Trends in New Crops and New Uses. ASHP Press Alexandria, VA, EUA. [http://www. Hortpurdue.edu/newcrop/ncnv02/v5-122.1](http://www.Hortpurdue.edu/newcrop/ncnv02/v5-122.1) consultado 20/19/13.
- Roos, E. E. 1980. Physiological, biochemical and genetic changes in seed quality during storage. Hort Science. 15:19-26.
- SAGPyA. 2014. Norma 7. Comercialización de colza. Resolución N° S.A.G. y P. 1075/94. Disponible en: <http://www.bcr.com.ar/Pages/Laboratorios/normas.aspx>. (Verificado el 13/11/2014).
- Salinas, A.R.; Yoldjian, A.M.; Craviotto, R.M.; Bisaro, V. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. Pesq. agropec. bras., Brasília, 36(2): 371-379.
- Sánchez Potes, A., S. F. Kirchner, T. R. Paulín, and O. R. Usami, 1984. Cultivos Oleaginosos; Manuales para educación agropecuaria, área producción vegetal. Editorial Trillas, México. pp 59 – 66.
- Servicio de Información Agropecuaria (SIAP). 2012. Producción Agrícola: canola. Anuario Estadístico. Servicio de Información Agropecuaria (SIAP). Disponible en: www.siap.gob.mx/agricola_siap/cultivo/index, verificado el 22/10/13.

- Servicio de Información Agropecuaria (SIAP). 2015. Producción Agrícola: canola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agropecuaria (SIAP). Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp, verificado el 28/09/16.
- Sierra, M. M.; Palafox, C. A. F.; Rodríguez, M.; Espinosa, C. A.; Gómez, M. N.; Caballero, H. F.; Barrón, F. S.; Zambada, M. A. y Vázquez, C. G. 2008. H-520 híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agric. Téc. Méx.* 34:119-122.
- Sisman, C., 2005. Quality losses in temporary sunflower stores and influences of storage conditions on quality losses during storage. *J. Central Eur. Agric.* 6:143-150.
- Sistema producto oleaginosas. 2014. Alternativas para el desarrollo. Factores que afectan la supervivencia de las semillas de canola a los 21 días después de la emergencia. Comité nacional sistema producto oleaginosas. Disponible en: http://www.oleaginosas.org/impr_265.shtml (verificado el 13/11/2014).
- Valadez, L.A. 1993. Producción de Hortalizas. 2ª Edición. Editorial Limusa. México. pp 45-47.
- Virgen V.J. y J. M. Vargas R. 2001. Velocidad de emergencia, un parámetro importante para la selección por vigor de semilla de líneas e híbridos de maíz. *Revista Chapingo Serie Ingeniería Agropecuaria* 4(1):49-53.
- Verma, S., Verma, U. and Tomer, R. 2003. Studies on seed quality parameters in deteriorating seeds in Brassica (*Brassica campestris*). *Seed Science and Technology*, 31(2):389-396.
- Windauer L. and E. L Ploschuk. 2006. Cultivos productores de aceite. En: Cultivos industriales. En: De la Fuente, E. B., Gil, P. I Giménez, A.G Kantolic, M. López Pereira, E. L. Ploschuk, D.M. Sorlino, M, P. Vilariño, D.F. Wassner y L.B Windauer Eds. *Editorial Facultad de Agronomía*, Buenos Aires. pp 63-94.
- Woodstock, L. W., K. Furman and T. Solomos. 1984. Changes in respiratory metabolism during aging in seeds and isolated axes of soybean. *Plant and Cell Physiology*. 25:15-26.
- Yan, Z. 1990. Overview of rapeseed production and research in China. *Prog. Int. Canola Conf.* Potash and Phosphate Institute, Atlanta, GA., EUA. pp. 29-35.

APENDICE A

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Germinación (GER) y Viabilidad (VIA) en la comparación entre variedades locales y variedades introducidas de canola; 2013.

Fuentes de Variación	GER			VIA	
	GL ¹	CM		CM	
Genotipos (G)	3	2226.864	**	2162.864	**
Años (A)	1	11973.781	**	12129.031	**
G x A	3	625.031	**	721.364	**
Error	6	44.531		43.947	
CV		18		21	

GL: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; **: altamente significativo con ($p \leq 0.01$).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) y Emergencia Total (EMERT) en la comparación entre variedades locales e introducidas de canola; 2013.

Fuentes de Variación	IVE			EMERT	
	GL	CM		CM	
Genotipos (G)	3	5.823	NS	603.166	**
Años (A)	1	85.575	**	8320.500	**
G x A	3	13.941	**	693.833	**
Error	18	2.696		115.666	
CV		46.99		26.25	

GL: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; **: significativo con $p \leq 0.01$.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Peso de Mil Semillas (PMS) y Peso Volumétrico (PV) en la comparación entre variedades locales y variedades introducidas de canola; 2013.

Fuentes de Variación	P.M.S			P.V.	
	GL ¹	CM2		CM2	
Genotipos (G)	3	2.174	**	9.688	**
Años (A)	1	2.091	**	5.428	*
G x A	3	3.037	**	2.372	NS
Error	18	0.035		1.246	
CV		4.16		1.69	

GL: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; **: altamente significativo ($p \leq 0.01$); *: Significativo con ($p \leq 0.05$); NS: No significativo.

Cuadro 4. Vectores característicos y proporción de la varianza explicada por los dos primeros componentes principales (CP) en el estudio de semillas de cuatro variedades de canola; 2013.

Variables	Vectores característicos	
	CP1	CP2
Índice de Velocidad de emergencia (IVE)	0.069479	0.758867 *
Peso de mil semillas (PMS)	0.452053 *	-0.292554
Peso volumétrico (PV)	0.380853	-0.476007 *
Germinación (GER)	0.472220 *	0.152470
Viabilidad (VIA)	0.471991 *	0.165275
Emergencia total (EMERT)	0.447218 *	0.247767
Valor característico	4.182	1.697
Porcentaje de la varianza explicada	0.69	0.28

* Coeficientes con mayor contribución a las características del componente principal.

APENDICE B

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Germinación y Viabilidad de la semilla en la comparación de dos variedades de canola, Hyola 401 y Monty; 2013.

Fuentes de Variación	Germinación			Viabilidad	
	GL ¹	CM2		CM2	
Genotipos (G)	1	2204.166	**	2128.166	**
Años (A)	2	8532.666	**	8532.375	**
G x A	2	841.166	**	1016.291	**
Error	9	29.722		28.027	
CV3		9.49		9.04	

GL: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; **: altamente significativo ($p \leq 0.01$).

Cuadro 2. Prueba de medias para la Germinación de variedades de canola introducidas; 2013.

Genotipo	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año almacenado		
				Genotipo	Año	Media
Hyola 401	67.00 a	2012	84.75 a	Hyola 401	2012	86.75 a
Monty	47.83 b	2010	66.25 b	Monty	2012	82.75 ab
		2007	21.25 c	Hyola 401	2010	71.75 bc
				Monty	2010	60.75 c
				Hyola 401	2007	42.50 d
				Monty	2007	0.00 e
DMS 0.05	5.034	DMS 0.05	7.610	DMS 0.05		13.13

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 3. Prueba de medias para la viabilidad de dos variedades introducidas de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Variedad x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Hyola 401	67.92 a	2012	85.62 a	Hyola 401	2012	86.75 a
Monty	49.08 b	2010	67.62 b	Monty	2012	84.50 ab
		2007	22.25 c	Hyola 401	2010	72.50 bc
				Monty	2010	62.750 c
				Hyola 401	2007	44.50 d
				Monty	2007	0.00 e
DMS 0.05	4.89	DMS 0.05	7.39	DMS 0.05		13.13

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 4. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) y Emergencia Total (EMERT) en la comparación de variedades introducidas de canola Hyola 401 y Monty; 2013.

Fuentes de Variación	IVE			EMERT	
	GL	CM		CM	
Genotipos (G)	1	2.600	*	816.666	**
Años (A)	2	78.335	**	5216.000	**
G x A	2	24.282	**	1290.666	**
Error	9	0.378		19.777	
CV3		11.38		9.16	

GL: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; **: altamente significativo con ($p \leq 0.01$); *: Significativo a ($p \leq 0.05$).

Cuadro 5. Prueba de medias para el Índice de Velocidad de Emergencia en variedades introducidas de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Variedad x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Hyola 401	5,73 a	2012	8.586 a	Monty	2012	9.087 a
Monty	5.07 b	2010	5.280 b	Hyola 401	2012	8.085 ab
		2007	2.331 c	Monty	2010	6.122 bc
				Hyola 401	2007	4.662 c
				Hyola 401	2010	4.437 c
				Monty	2007	0.000 d
DMS 0.05	0.567	DMS 0.05	0.858	DMS 0.05		2.197

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 6. Prueba de medias para la Emergencia Total en variedades introducidas de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Variedad x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Hyola 401	54.33 a	2012	70.50 a	Monty	2012	72.00 a
Monty	42.67 b	2010	54.50 b	Hyola 401	2012	69.00 ab
		2007	20.50 c	Monty	2010	56.00 abc
				Hyola 401	2010	53.00 bc
				Hyola 401	2007	41.00 c
				Monty	2007	0.000 d
DMS 0.05	4.107	DMS 0.05	6.20	DMS 0.05		17.75

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 7. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Peso de Mil Semillas (PMS) y Peso Volumétrico (PV) en la comparación de variedades introducidas de canola Hyola 401 y Monty; 2013.

Fuentes de Variación	PMS			PV	
	GL	CM		CM	
Genotipos (G)	1	0.448	**	0.176	NS
Años (A)	2	0.394	**	1.421	NS
G x A	2	0.484	**	2.097	NS
Error	9	0.019		1.381	
CV		3.48		4.2	

GL: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; **: altamente significativo con $p \leq 0.01$; NS: No significativo.

Cuadro 8. Prueba de medias para el Peso de Mil Semillas en variedades introducidas de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Hyola 401	4.16 a	2012	4.257 a	Hyola 401	2007	4.360 a
Monty	3.88 b	2010	4.002 b	Hyola 401	2010	4.352 a
				Monty	2010	4.155 ab
				Monty	2012	3.857 bc
				Hyola 401	2012	3.765 bc
				Monty	2007	3.645 c
DMS 0.05	0.129	DMS 0.05	0.195	DMS 0.05		0.416

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 9. Prueba de medias para el Peso Volumétrico de variedades introducidas de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Hyola 401	65.02 a	2010	65.26 a	Monty	2010	65.50 a
Monty	64.85 a	2012	65.09 a	Monty	2012	65.27 a
DMS 0.05	1.085	2007	64.46 a	Hyola 401	2007	65.14 a
				Hyola 401	2010	65.02 a
				Hyola 401	2012	64.91 a
				Monty	2007	63.78 a
DMS 0.05	0.195	DMS 0.05	1.64	DMS 0.05		3.123

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

APENDICE C

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Germinación (GER) y Viabilidad (VIA) en la comparación entre variedades locales de canola, Aztecan y Canomex; 2013.

Fuentes de Variación	GER			VIA	
	GL	CM		CM	
Genotipos (G)	1	888.166	**	770.666	**
Años (A)	2	2264.291	**	2243.166	**
G x A	2	285.791	*	313.166	*
Error	9	492.250		56.666	
CV		12.04		12.10	

GL: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; **: altamente significativo ($p \leq 0.01$); *: Significativo con ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2. Prueba de medias para la germinación de variedades locales de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Aztecan	67.50 a	2010	80.25 a	Canomex	2010	80.50 a
Canomex	59.91 b	2008	63.00 b	Aztecan	2010	80.00 a
				Aztecan	2008	63.00 ab
		Canomex	2008	63.00 ab		
		Aztecan	2007	59.50 b		
		Canomex	2007	36.25 c		
DMS 0.05	6.829	DMS 0.05	10.32	DMS 0.05		18.56

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 3. Prueba de medias para viabilidad de variedades locales de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Aztecan	73.83 a	2010	80.75 a	Canomex	2010	81.50 a
Canomex	56.50 b	2008	66.50 b	Aztecan	2008	81.50 a
				Aztecan	2010	80.00 a
		Aztecan	2007	60.00 b		
		Canomex	2008	51.50 bc		
		Canomex	2007	36.50 c		
DMS 0.05	6.952	DMS 0.05	10.51	DMS 0.05		18.89

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 4. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) y Emergencia total (EMERT) en la comparación de dos variedades locales de canola, Aztecan y Canomex; 2013.

Fuentes de Variación	IVE			EMERT	
	GL	CM		CM	
Genotipos (G)	1	3.658	**	2114.000	**
Años (A)	2	31.822	**	10.666	NS
G x A	2	1.273	NS	64.666	NS
Error	9	0.404		92.888	
CV		23.72		23.50	

GL: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; **: altamente significativo con ($p \leq 0.01$); NS No significativo.

Cuadro 5. Prueba de medias para el Índice de Velocidad de Emergencia de variedades locales de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Aztecan	3.07 a	2010	4.98 a	Aztecan	2010	5.77 a
Canomex	2.29 b	2008	1.68 b	Canomex	2010	4.18 a
				Aztecan	2007	1.76 b
		Canomex	2008	1.68 b		
		Aztecan	2008	1.68 b		
				Canomex	2007	1.01 b
DMS 0.05	0.587	DMS 0.05	0.888	DMS 0.05		1.597

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 6. Prueba de medias para la Emergencia Total de variedades locales de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Aztecan	41.67 a	2010	59.50 a	Canomex	2010	62.00 a
Canomex	40.33 a	2008	34.50 b	Aztecan	2010	57.00 ab
				Aztecan	2008	36.00 bc
		Canomex	2008	33.00 bc		
		Aztecan	2007	32.00 c		
				Canomex	2007	26.00 c
DMS 0.05	8.900	DMS 0.05	13.454	DMS 0.05		24.191

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 7. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables Peso de Mil Semillas (PMS) y Peso Volumétrico (PV) en la comparación de dos variedades locales de canola, Aztecan y Canomex; 2013.

Fuentes de Variación	P M S			P V	
	GL	CM		CM	
Genotipos (G)	1	0.315	*	10.218	NS
Años (A)	2	3.271	**	1.452	NS
G x A	2	2.103	**	2.033	NS
Error	9	0.044		2.552	
CV		4.28		2.40	

GL: Grados de libertad; CM: Cuadrado medio; CV: Coeficiente de variación; **: significativo con $p \leq 0.01$; *: Significativo con $p \leq 0.05$; NS: No significativo.

Cuadro 8. Prueba de medias para el Peso de Mil Semillas de variedades locales de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Aztecan	5.03 a	2007	5.59 a	Aztecan	2007	5.97 a
Canomex	4.80 b	2008	4.85 b	Canomex	2007	5.21 b
				Canomex	2010	4.96 b
				Canomex	2008	4.93 b
				Aztecan	2008	4.77 b
				Aztecan	2010	3.67 c
DMS 0.05	0.194	DMS 0.05	0.294	DMS 0.05		0.529

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 9. Prueba de medias para el Peso volumétrico (kg hL⁻¹) de variedades locales de canola; 2013.

Variedad	Media ¹	Año	Media	Genotipo x año almacenado		
				Variedad	Año	Media
Aztecan	67.18 a	2010	66.98 a	Canomex	2008	67.28 a
Canomex	65.88 a	2008	66.47 a	Canomex	2007	67.19 a
				Canomex	2010	67.07 a
				Aztecan	2010	66.89 a
				Aztecan	2008	65.66 a
				Aztecan	2007	65.07 a
DMS 0.05	1.475	DMS 0.05	2.230	DMS 0.05		4.01

¹: Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).