

## **Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad de semilla de canola\***

### **Effect of storage time on canola seed quality**

**Francisco Javier Manjarrez Juárez<sup>1§</sup>, Rocío Díaz Huacuz<sup>1</sup>, Aquiles Carballo-Carballo<sup>2</sup>, A. Estrada-Gómez<sup>2</sup>, H. Vaquera-Huerta<sup>2</sup>, Jorge Alberto Acosta-Gallegos<sup>3</sup>, Miguel Angel Ávila Perches<sup>3</sup> y Alfredo Josué Gámez Vázquez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Sitio Experimental Metepec-INIFAP. Conjunto SADAGRO s/n, Metepec, Estado de México, México. CP. 52140. <sup>2</sup>Colegio de Posgraduados. Carretera México- Texcoco, km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. Tel. (595)9520200. CP. 56230. <sup>3</sup>Campo Experimental Bajío-INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende. Celaya, Guanajuato. México. CP 38110. (acosta.jorge@inifap.gob.mx; avila.miguel@inifap.gob.mx; gamez.alfredo@inifap.gob.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: manjarrez.francisco@inifap.gob.mx.

#### **Resumen**

En Metepec, Estado 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; el primero, que incluyó las cuatro variedades, Aztecan y Hyola 401 fueron superiores en la mayoría de las variables de calidad de semillas evaluadas. En el segundo grupo conformado por Hyola 401 y Monty, el híbrido resultó significativamente superior en todas las características cuantificadas. 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,

#### **Abstract**

The quality of four varieties of canola was evaluated in Metepec, Estado de Mexico, during 2013, under laboratory and greenhouse conditions; two introduced: hybrid Hyola 401 and Monty (free pollination variety), and two varieties of free pollination obtained in Mexico: Canomex and Aztecan, which were stored in Metepec at room temperature for periods of 1, 2, 4, and 5 years. Four variables of physiological quality were determined: viability, germination percentage, emergency speed and total emergency, and two of physical quality: thousand seeds weight and volumetric weight. Varieties were compared in three groups; the first one, which included the four varieties, Aztecan and Hyola 401 were superior in most of the seed quality variables evaluated. In the second group conformed by Hyola 401 and Monty, the hybrid was significantly superior in all the quantified characteristics. In a third group the Aztecan and Canomex varieties were compared, with Aztecan resulting superior in most of the evaluated variables. Other relevant results were: 1) total emergence, as an indicator of vigor and establishment

\* Recibido: enero de 2017  
Aceptado: abril de 2017

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; y 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:** emergencia total, polinización, porcentaje de germinación, variedad, velocidad de emergencia.

## Introducción

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 de esta. 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. Un aspecto importante de la semilla, es la necesidad de identificar para cada especie las características y los atributos que definen su pureza genética, condición física, calidad fisiológica y sanidad. La germinación y el vigor son características de suma importancia para los productores agrícolas, ya que la calidad de la semilla está determinada principalmente por la germinación, y su establecimiento en campo depende del vigor (Abdul-Baki y Anderson, 1973).

El vigor de la semilla de canola depende de los factores ambientales en el ambiente de producción, manejo agronómico y de poscosecha al que se sometió. Entre los factores que afectan el vigor destacan: inadecuada nutrición, 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 de semilla aplican las medidas necesarias para controlar estos factores; sin embargo, la volatilidad del precio internacional de la canola y el costo de los insumos para la producción, causan amplia variabilidad en la superficie anual de siembra y en consecuencia en

in the field, positively correlated with seed viability ( $r=0.84$ ), germination ( $r=0.84$ ), and emergency rate index ( $r=0.86$ ); 2) local varieties show greater similarities than those introduced, probably because the former share common parents, while the introduced ones have different genetic origins: Canada and Australia; and 3) the quality of canola seeds stored under natural conditions showed accelerated deterioration after one year of storage, which showed different magnitudes between the four varieties.

**Keywords:** emergency speed, germination percentage, pollination, total emergency, variety.

## Introduction

The quality of the seed depends on a large number of factors, some genetic, others in the environment in which the crop is grown, and others are related to the management and storage of the seeds. Thus, seed quality is the set of genetic, physical, physiological and sanitary qualities that give it the ability to rise vigorous and productive plants. An important aspect of the seed is the need to identify for each species the characteristics and attributes that define its genetic purity, physical condition, physiological quality and health. Germination and vigor are characteristics of great importance for agricultural producers, since seed quality is mainly determined by germination, and its field establishment depends on vigor (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

The vigor of canola seed depends on the environmental factors in the production environment, the agronomic and postharvest management to which it was subjected. Among the factors that affect vigor are included: inadequate nutrition, disease attack, too early harvest, climatic damage during maturity, physical damage during harvest, transport and benefit, inadequate storage and seed age. In general, seed companies apply the necessary measures to control these factors; however, the volatility of the international price of canola and the cost of inputs for production, cause wide variability in annual planting area and consequently on the demand for seed Financiera Rural (2011). For this reason, producers retain seeds for later use (Canola Encyclopedia, 2013).

The most common tests to determine the vigor of the canola seed are: cold germination, germination speed, accelerated aging, conductivity and electrical velocity; as well as

la demanda de semilla Financiera Rural (2011). Por ello, los productores conservan semilla 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 y velocidad eléctrica; así como, biomasa de la plántula. Todas estas pruebas se correlacionan con la emergencia y establecimiento del cultivo bajo diferentes condiciones (Elías y Copeland, 1997).

La calidad de la semilla es un factor determinante en el establecimiento del cultivo y para obtener la máxima expresión del potencial de rendimiento FAO (2014). Las semillas certificadas con germinación superior a 90% tienden a emerger rápidamente y en forma uniforme bajo condiciones de campo. Las pruebas de vigor son evaluaciones de laboratorio económicas y rápidas, se utilizan para determinar la calidad fisiológica de la semilla, entre ellas, las más utilizadas son la velocidad de emergencia, las de longitud y peso total de la plántula. 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). El objetivo de esta investigación fue determinar la calidad física y fisiológica de semilla de cuatro genotipos de canola, dos de origen extranjero y dos generados en México, almacenada en condiciones normales de bodega de trabajo durante 1, 2, 4 y 5 años.

## Materiales y métodos

### Material genético

Se utilizó semilla de tres variedades de canola, Monty, Canomex y Aztecan, e híbrido Hyola 401 producida en el ciclo primavera-verano de 2007-2012 en Metepec, Estado de México, las características se indican en el Cuadro 1.

### Localización del experimento

Los análisis de calidad de semilla se realizaron de febrero a septiembre de 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 Guadalupe en San Lorenzo, Metepec, Estado de México.

seedling biomass. All these tests correlate with emergence and establishment of the crop under different conditions (Elías and Copeland, 1997).

The quality of the seed is a determining factor in the establishment of the crop and to obtain the maximum expression of the yield potential FAO (2014). Certified seeds with germination greater than 90% tend to emerge rapidly and uniformly under field conditions. The vigor tests are fast and inexpensive laboratory evaluations, used to determine the physiological quality of the seed, among them, the most used are the emergency speed, length and total weight of the seedling. Lots of canola seed with 90% or more of germination are considered excellent, and lots with 80-89% are considered suitable for planting (Elliott, 2013). The objective of this research was to determine the physical and physiological quality of seed of four genotypes of canola, two of foreign origin and two generated in Mexico, stored under normal conditions of warehouse for 1, 2, 4 and 5 years.

## Materials and methods

### Genetic material

Seeds of three varieties of canola were used: Monty, Canomex and Aztecan, and the hybrid Hyola 401 produced in the spring - summer cycle from 2007 to 2012 in Metepec, State of Mexico, with the characteristics indicated in Table 1.

**Cuadro 1. Variedades de canola (*Brassica napus* L.) producidos en los ciclos primavera verano 2007 a 2012 en Metepec, Estado de México.**

**Table 1. Varieties of canola (*Brassica napus* L.) produced in spring-summer cycle 2007 to 2012 in Metepec, State of Mexico.**

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

## Desarrollo experimental

La semilla se obtuvo de ensayos de rendimiento que realizó el programa de oleaginosas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el Sitio Experimental Metepec, Estado de México. 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 2007 a 2012 y se conservó en recipientes de PVC bajo las condiciones ambientales naturales del almacén de semillas del sitio de prueba, con una temperatura mínima durante este periodo de 8.3 °C, una máxima de 16.3 °C y un promedio de 12.8 °C; la humedad relativa media fue de 62% con una máxima de 78% y una mínima de 40%.

## Diseño experimental y características determinadas

El diseño experimental fue completamente al azar con diseño factorial (tiempo de almacén y genotipo). Se tomaron al azar cuatro muestras de semillas de 300 g de cada genotipo, la cual se utilizó para las siguientes pruebas: porcentaje de viabilidad (VIA), porcentaje de germinación (GER), índice de velocidad de emergencia (IVE), emergencia total (EMERT), peso de mil semillas (PMS) y peso volumétrico (PVOL) (ISTA, 2005).

GER. Se depositaron 400 semillas en cajas petrí (50 semillas por caja) con papel filtro humedecido, en una germinadora SD8900 (Seedburo Inc., EUA) a  $25 \pm 1$  °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 especificar las características de que es considerado como normales entre el número total de semillas y el dato se expresó en porcentaje Raymer (2002).

VIA. Se calculó mediante la suma del número de plántulas normales más las anormales provenientes de la prueba de germinación el valor obtenido se dividió entre el número total de semillas sembradas y el dato fue expresado en porcentaje.

IVE. Con la semilla se estableció un experimento en invernadero para evaluar la velocidad de emergencia, utilizando arena como sustrato. La semilla se sembró a 3 cm

## Location of the experiment

Seed quality analyzes were carried out from February to September 2013 at the seed laboratory of the Mexican Institute of Agricultural Research and Training, Aquaculture and Forestry of the State of Mexico (ICAMEX), located in Conjunto SEDAGRO S/N, Colonia Rancho Guadalupe in San Lorenzo, Metepec, State of Mexico.

## Experimental development

The seed was obtained from performance tests conducted by the oilseed program of the National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP) at the Metepec Experimental Site, Estado de Mexico. In all the years the evaluations were conducted under rainfed conditions during the agricultural cycle spring-summer, the harvest was performed from November 15 to December 15 of each year. Once the seed was harvested, each variety and hybrid was identified with its name and production cycle from 2007 to 2012 and was stored in PVC containers under the natural environmental conditions of the seed store at the test site, with a minimum temperature during this period of 8.3 °C, a maximum of 16.3 °C and an average of 12.8 °C; the mean relative humidity was 62% with a maximum of 78% and a minimum of 40%.

## Experimental design and specific characteristics

The experimental design was completely randomized with factorial design (storage time and genotype). Four seed samples of 300 g of each genotype were taken at random, which were used for the following tests: viability percentage (VIA), germination percentage (GER), rate of emergence (IVE), total emergency (EMERT), thousand seed weight (PMS) and volumetric weight (PVOL) (ISTA, 2005).

GER. 400 seeds were placed in petri dishes (50 seeds per box) with moistened filter paper in an SD8900 germinator (Seedburo Inc., USA) at  $25 \pm 1$  °C in darkness for 7 days. They were kept with moisture and at the end of the test the total number of seedlings considered as normal was divided by the total number of seeds and the data was expressed as a percentage Raymer (2002).

VIA. It was calculated by summing the number of normal plus abnormal seedlings from the germination test which was divided by the total number of seeds sown and the data was expressed as a percentage.

de profundidad, bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones (25 semillas por repetición). El registro de datos inició el día en que se observó la primera plántula emergida (cuatro días) y concluyó 14 días después. Se calculó el índice de velocidad de emergencia (Maguire, 1962) como se indica a continuación.

$$\text{IVE} = \sum (\text{núm. plantas al } i\text{-ésimo conteo} / \text{núm. de días después de la siembra al } i\text{-ésimo conteo}) \quad (1)$$

EMERT. Al final de la prueba de 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.

PMS. A partir de la semilla pura se contaron ocho repeticiones de 1 000 semillas tomadas al azar, se pesaron en una balanza analítica de precisión Setra SI-410s<sup>®</sup> expresando el resultado en gramos.

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, se pesó en una balanza analítica Setra SI-410s<sup>®</sup>, este procedimiento se realizó en cuatro repeticiones para cada genotipo y año de almacenamiento. El PVOL se expresó en kg hL<sup>-1</sup> para lo cual se realizó la conversión correspondiente (Moreno, 1996).

$$\text{Peso volumétrico (kg HL}^{-1}\text{)} = \text{peso de la semilla} / \text{volumen del recipiente} \quad (2)$$

### Análisis estadísticos

Con la información obtenida en cada prueba se hizo un análisis de varianza, y se compararon pares de medias con la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p < 0.05$ ). Los análisis se realizaron en SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2009). Para facilitar la interpretación de los resultados, y considerando los diferentes números de años en almacenamiento, se procedió al análisis dividiendo los genotipos en tres grupos. En el grupo 1 se incluyeron resultados de las variedades, Aztecan, Canomex, Monty y el híbrido Hyloa 401, en el segundo grupo se compararon las variedades introducidas Monty y Hyloa 401, y en un tercer grupo se realizó un análisis de las variedades desarrolladas en México Aztecan y Canomex.

IVE. With the seed, a greenhouse experiment was established to evaluate the emergency speed, using sand as a substrate. The seeds were planted 3 cm deep, under a completely random experimental design with four replicates (25 seeds per replicate). Data recording started the day the first emerged seedling was observed (four days) and completed 14 days later. The emergency speed index (Maguire, 1962) was calculated as follows.

$$\text{IVE} = \sum (\text{number of plants to } i\text{-th count} / \text{number of days after sowing to } i\text{-th count}) \quad (1)$$

EMERT. At the end of the emergency speed index test, the total number of emerged seedlings was divided by the total number of seeds sown and expressed as a percentage.

PMS. From pure seeds, eight repetitions of 1 000 seeds taken randomly were counted, weighed on an analytical accurate balance Setra SI-410s<sup>®</sup> expressing the result in grams.

PVOL. To determine the volumetric weight a beaker with a capacity of 50 ml was used, filled with seeds, flush on top, weighed on an analytical balance Setra SI-410s<sup>®</sup>, this procedure was performed in four replicates for each genotype and storage year. The PVOL was expressed in kg hL<sup>-1</sup> for which the corresponding conversion (Moreno, 1996) was performed.

$$\text{Volumetric weight (kg HL}^{-1}\text{)} = \text{seeds weight} / \text{container volume} \quad (2)$$

### Statistical analysis

With the information obtained in each test an analysis of variance was performed, and means were compared in pairs using multiple range Tukey test ( $p < 0.05$ ). The analyzes were performed with the SAS package version 9.3 (SAS Institute, 2009). In order to facilitate the interpretation of the results, and considering the different number of years in storage, the analysis was carried out by dividing the genotypes into three groups. In group 1, the results of the varieties Aztecan, Canomex, Monty and Hyloa 401 were included. In the second group, the introduced varieties Monty and Hyloa 401 were compared, and in a third group an analysis of the varieties developed in Mexico Aztecan and Canomex.

## Resultados y discusión

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

**Germinación.** La variedad Aztecan superó significativamente ( $p \leq 0.05$ ) a las demás variedades; Canomex y Hyola 401 resultaron similares y Monty fue significativamente inferior (Cuadro 2). La semilla almacenada en 2010 mostró la mayor germinación, detectándose una reducción de 38.7% con el año 2007. Para la interacción, la germinación de Canomex presentó de 2010 a 2007 una reducción de 44.25%, en Aztecan fue de 21% y Hyola 401 presentó una reducción de 29.25%, mientras que en Monty hubo la mayor reducción, todas las diferencias fueron significativas ( $p \leq 0.05$ ) el cambio de posición de la variedad Canomex entre años contribuyó a la significancia de la interacción.

**Viabilidad.** La semilla de Aztecan fue de mayor viabilidad ( $p < 0.05$ ), seguida de Canomex y Hyola 401, que no presentaron diferencias entre ellos, y Monty fue de menor viabilidad. En almacenamiento, la viabilidad se redujo 38.9% de 2010 a 2007 ( $p < 0.05$ ). La interacción genotipo\*almacenamiento fue significativa ( $p < 0.05$ ), todas las variedades presentaron mayores promedios en la semilla almacenada en 2010, excepto Monty que presentó en ambos períodos menor viabilidad, las otras cambiaron de posición en 2007 (Cuadro 2).

**Índice de velocidad de emergencia.** No hubo diferencia entre variedades; no obstante, se detectaron diferencias significativas entre años de almacenamiento y para la interacción genotipo por año. La semilla con mayor tiempo de almacenamiento (cinco años) reportó promedios bajos, significativamente diferentes a la semilla almacenada por dos años (2010). Para la interacción genotipo por tiempo de almacenamiento, destaca la variedad Monty con mayor promedio en 2010 (dos años de almacenamiento), y fue la que presentó menor promedio en la semilla almacenada en 2007 (cinco años de almacenamiento); esta tendencia fue en todas las variedades, excepto para el híbrido Hyola 401 en el cual los promedios se invierten sin ser significativo (Cuadro 2).

**Emergencia total.** Los dos materiales locales, así como Hyola 401, no presentaron diferencias entre ellos y fueron superiores ( $p \leq 0.05$ ) a Monty que presentó el menor promedio. Para el tiempo de almacenamiento el promedio más alto lo presentó la semilla de 2010, siendo significativamente diferente a la almacenada en 2007, de igual forma, la interacción genotipo

## Results and discussion

### Comparison between introduced varieties (Hyola 401 and Monty) and local varieties (Aztecan and Canomex)

**Germination.** The Aztecan variety significantly exceeded ( $p \leq 0.05$ ) the other varieties; Canomex and Hyola 401 were similar and Monty was significantly lower (Table 2). The seeds stored in 2010 showed the highest germination, showing a reduction of 38.7% in the year 2007. For the interaction, the germination of Canomex showed a reduction of 44.25% from 2010 to 2007, in Aztecan it was 21% and Hyola 401 showed 29.25% reduction, while the greatest reduction was in Monty, all differences were significant ( $p \leq 0.05$ ) the change in position of Canomex range between years contributed to the significance of the interaction.

**Viability.** Aztecan seeds viability was greater ( $p < 0.05$ ), followed by Canomex and Hyola 401, genotypes which did not differ between them, and Monty showed lower viability. For storage, the viability decreased 38.9% from 2010 to 2007 ( $p < 0.05$ ). Genotype\*storage interaction was significant ( $p < 0.05$ ), all varieties showed its highest average in the seed stored in 2010, except Monty which showed in both storage periods the lower viability, the other varieties changed position in 2007 (Table 2).

**Index of emergency speed.** There was no difference between varieties, however, significant differences were detected between years of storage and for genotype per year interaction. The seeds with the longest storage time (five years) reported the lowest averages, significantly different from the seeds stored for two years (2010). For the genotype by storage time interaction, it highlights the variety Monty with the highest average in 2010 (two years of storage), and was the one with lowest average in seeds stored in 2007 (five years of storage); this trend was generalized in all varieties, except for the Hyola 401 hybrid in which the averages are inverted without being significant (Table 2).

**Total emergency.** The two local materials and Hyola 401, did not show differences between them and were higher ( $p \leq 0.05$ ) to Monty which showed the lowest average. For the storage time the highest average was shown by the seed of 2010, being significantly different from the one stored in 2007, likewise, in the interaction genotype by

por tiempo de almacenamiento se observó una reducción en el EMERT conforme se aumentó el tiempo de almacenamiento con cambios en la posición de las variedades (Cuadro 2).

storage time a reduction in the EMERT was observed as the storage time increased with changes in the position of varieties (Table 2).

**Cuadro 2. Prueba de medias de seis características de calidad de semilla en cuatro genotipos de canola almacenados por dos períodos diferentes.**

**Table 2. Test of means of six seed quality characteristics in four canola genotypes stored for two different periods.**

Características	Variedad	Año		Media	DMS 0.05		
		2007	2010		G	AA	G*A
GER	Aztecan	59.5	80	69.7	9.43	4.956	16.1
	Canomex	36.2	80.5	58.3			
	Hyola 401	42.5	71.7	57.1			
	Monty	0	60.7	30.3			
	Media	34.6	73.2				
VIA	Aztecan	60	80	70	9.37	4.924	16.01
	Canomex	36.5	81.5	59			
	Hyola 401	44.5	72.5	58.5			
	Monty	0	62.7	31.4			
	Media	35.2	74.2				
IVE	Hyola 401	4.66	4.44	4.55	2.32	1.219	3.453
	Aztecan	1.76	5.77	3.77			
	Monty	0	6.12	3.06			
	Canomex	1.01	4.18	2.6			
	Media	1.86	5.13				
EMERT	Hyola 401	41	53	47	15.165	7.971	23.837
	Aztecan	32	57	44.5			
	Canomex	26	62	44			
	Monty	0	56	28			
	Media	24.75	57				
P1000S	Canomex	5.21	4.96	5.08	0.267	0.140	0.452
	Aztecan	5.97	3.67	4.82			
	Hyola 401	4.36	4.35	4.36			
	Monty	3.64	4.15	3.9			
	Media	4.79	4.28				
PVOL	Canomex	67.19	67.07	67.13	1.577	0.829	2.725
	Aztecan	65.07	66.89	65.98			
	Hyola 401	65.14	65.02	65.08			
	Monty	63.78	65.5	64.64			
	Media	65.3	66.12				

GER= germinación; VIA= viabilidad; IVE= índice de velocidad de emergencia; EMERT= emergencia total; P1000S= peso de mil semillas; PVOL= peso volumétrico; G= genotipo; AA= año de almacenamiento; G\*A= interacción genotipo\*año de almacenamiento.

Peso de mil semillas. Las variedades Canomex y Aztecan presentaron el mayor promedio y fueron superiores a Hyola 401 (Cuadro 2). La semilla de Monty fue la de menor peso. Para el tiempo de almacenamiento, la semilla cosechada en 2007 fue superior a 2010. Esto sugiere que esta característica no fue afectada por el tiempo de almacenamiento, pero sí por el ambiente de producción ocurrido en cada año, siendo 2007 el más favorable. En la interacción genotipo por 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, lo que contribuyó a la significancia de la interacción (Cuadro 2).

Peso volumétrico. La semilla Canomex superó significativamente a los materiales introducidos y la variedad Aztecan fue similar a estos, con una tendencia a superarlos y estadísticamente igual a la variedad superior Canomex. Para el tiempo de almacenamiento el promedio más alto se reportó en el periodo más corto de almacenamiento (2010) aunque no se detectó diferencia significativa entre los tiempos de almacenamiento y la interacción genotipo por tiempo de almacenamiento; el promedio más alto lo presentó la semilla de la variedad Canomex en 2007 que fue significativamente diferente a la variedad introducida Monty que presentó el promedio más bajo en el mismo año (Cuadro 2).

En general, en lo que respecta a la consistencia en la respuesta de las cuatro variedades a través de las variables evaluadas a través de años se observó 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 los materiales introducidos en cuatro de las seis 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 la mayoría de las variables determinadas fue Aztecan que resultó significativamente diferente a la variedad Monty 2007 la cual presentó los valores más bajos. La variedad Canomex y el híbrido Hyola 401 presentaron promedios intermedios y estadísticamente similares en las variables relacionadas con la calidad fisiológica: GER, VIA, IVE y EMERT, para el caso de las variables físicas (PMS y PVOL), la variedad Canomex superó significativamente 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

Weight of a thousand seeds. The Canomex and Aztecan showed the highest average and were superior to Hyola 401 (Table 2). The seed Monty showed the smaller weight. For the storage time, the seed harvested in 2007 was higher than 2010. This suggests that this characteristic was not affected by storage time, but by the production environment occurred in each year, with 2007 being the most favorable. In the genotype by storage time interaction, the highest averages were shown in the seeds stored in 2007 in the Aztecan and Canomex varieties, as well as in the hybrid Hyola 401, with a strong fall of Aztecan in the seed harvested in 2010, which contributed to the significance of the interaction (Table 2).

Volumetric weight. In this variable of volumetric weight, the Canomex seeds significantly exceeded the introduced materials and the Aztecan variety was similar to these, with a tendency to exceed them and statistically equal to the superior variety Canomex. For the storage time the highest average was reported in the shortest storage period (2010), although no significant difference was detected between the storage times and the genotype interaction by storage time; the highest average was shown by the Canomex variety in 2007, which was significantly different from the introduced Monty variety, which showed the lowest average in the same year (Table 2).

In general, regarding the consistency in the response of the four varieties through the variables evaluated over the years, the following were observed.

When comparing the introduced materials Hyola 401 and Monty with the varieties Aztecan and Canomex, it was detected that the local varieties exceeded the introduced materials in four of the six evaluated variables; two of physiological quality (GER and VIA) and two of physical quality (PMS and PVOL). The variety that showed the highest average in most of the determined variables was Aztecan which was significantly different to the Monty 2007 variety which showed the lowest values. The Canomex variety and the Hyola 401 hybrid showed intermediate and statistically similar averages in the variables related to the physiological quality: GER, VIA, IVE and EMERT, in the case of the physical variables (PMS and PVOL), the Canomex variety significantly exceeded the Hyola 401 hybrid.

Regarding the storage time, significant differences were detected in the physiological quality variables: GER, VIA, IVE and EMERT, as well as in weight of one thousand



mil semillas correspondiente a la calidad física, observándose los mayores promedios en las variedades almacenadas por un menor tiempo (dos años) excepto para PMS que presentó un comportamiento diferente, en donde el mayor promedio lo obtuvo la semilla con cinco años de almacenamiento esta característica estuvo más influenciada por las condiciones de producción que las de almacenamiento.

### Variedades introducidas

Germinación. El promedio de los tres años de almacenamiento Hyola 401 fue superior ( $p \leq 0.05$ ) a Monty, la semilla de ésta variedad cosechada y almacenada desde 2007 no germinó (Cuadro 3). La germinación disminuyó de acuerdo con el tiempo de almacenamiento. Al comparar la germinación de los materiales con respecto al periodo de almacenaje, se observa que aunque Hyola 401, como refiere Raymer (2002), presentó disminución con el almacenamiento, esta no fue de la misma magnitud que Mont.

seeds corresponding to the physical quality, showing the highest averages in the varieties stored for a shorter time (two years) except for PMS that showed a different behavior, where the highest average was obtained by the seeds with five years of storage, this characteristic was more influenced by the production conditions than those of storage.

### Introduced varieties

Germinating. In this comparison, the average of the three storage years Hyola 401 was higher ( $p \leq 0.05$ ) to Monty, the seed of this variety harvested and stored since 2007 did not germinate (Table 3). Germination decreased according to storage time. When comparing the germination of materials with respect to the storage period, it is shown that although Hyola 401, as referred by Raymer (2002) decreased along with storage, this was not of the same magnitude as in Mont.

### Cuadro 3. Prueba de medias de cinco características de calidad de semilla en dos variedades introducidas de canola almacenados por tres períodos diferentes.

Table 3. Test of means of five seed quality characteristics in two introduced varieties of canola stored for three different periods.

Características	Variedad	Año de almacenamiento			Media	DMS0.05		
		2007	2010	2012		G	AA	G*A
GER	Hyola 401	42.5	71.7	86.7	67	5.03	7.61	13.13
	Monty	0	60.7	82.7	47.8			
	Media	21.2	66.2	84.7				
VIA	Hyola 401	44.5	72.5	86.7	67.9	4.89	7.39	13.13
	Monty	0	62.75	84.5	49.1			
	Media	22.2	67.62	85.6				
IVE	Hyola 401	4.66	4.44	8.08	5.73	0.567	0.858	2.197
	Monty	0	6.12	9.09	5.07			
	Media	2.33	5.28	8.58				
EMERT	Hyola 401	41	53	69.9	54.3	4.107	6.2	17.75
	Monty	0	56	72	42.7			
	Media	20.5	54.5	70.5				
P1000S	Hyola 401	4.36	4.35	3.76	4.16	0.129	0.195	0.416
	Monty	3.64	4.15	3.86	3.88			
	Media	3.81	4	4.26				

<sup>1</sup>GER= germinación; VIA= viabilidad; IVE= índice de velocidad de emergencia; EMERT= emergencia total; P1000S= peso de mil semillas; G= genotipo; AA= año de almacenamiento; G\*A= interacción genotipo\*año de almacenamiento.

Viabilidad. Hyola 401 fue superior a Monty ( $p < 0.5$ ), y la de ésta última almacenada desde 2007 se redujo a 0%, en tanto que Hyola 401 fue menor (Cuadro 3). De manera similar a la germinación, el almacenamiento prolongado bajo condiciones naturales (subóptimas), mostró un efecto diferencial (Elias y Copeland, 1994).

Con un año de almacenamiento la germinación y viabilidad de la semilla de canola se mantuvo en niveles permitidos para comercialización (>85%), almacenarla por un tiempo más prolongado afecta significativamente la viabilidad y germinación y su utilización como semilla no es viable. Resultados similares de Gusta *et al.* (2004), quienes determinaron la calidad de la semilla producida en diferentes épocas de siembra y señalaron que el vigor declina después de un año de cosechada. Asimismo, Elias y Copeland (1994) indicaron que debido al deterioro de la semilla de canola después de 10 meses de almacenamiento, es necesario determinar la calidad cada mes por el decline gradual de la capacidad de germinación y vigor de la misma después de 14 meses de almacenamiento Prakash (1980).

Índice de velocidad de emergencia. Hyola 401 superó a Monty (Cuadro 3). La semilla producida y almacenada en 2012 obtuvo mayor índice de velocidad de emergencia y fue superior ( $p < 0.05$ ) a la semilla almacenada desde 2010 y a su vez superior a 2007. Aunque Hyola 401 resultó menos afectada en el almacenamiento, la pérdida de velocidad de emergencia de la semilla de 2007, fue más de 40% en su valor al compararla con la de 2012.

Emergencia total. Hyola 401 fue superior ( $p < 0.05$ ) a la variedad Monty (Cuadro 3), la semilla de 2012 presentó la mayor EMERT, superior ( $p < 0.05$ ) a la cosechada en 2010 y esta a su vez a la de 2007. La EMERT en Monty en 2010 fue menor a 2012 en 22.2%, y 2012 a 2007, se redujo 100%. Por su parte Hyola 401 en 2012 tuvo el promedio más alto el cual se redujo conforme avanzó el período de almacenamiento. Estos resultados son congruentes con Elias y Copeland (1994) e indican que la presencia de interacción entre genotipo\*tiempo, aunque significativa no fue importante por su nivel de contribución a la varianza fenotípica total. Al comparar la respuesta contrastante de las variedades (Cuadro 3), se observó una baja relación entre la emergencia total de semilla y el índice de velocidad de emergencia. Lo anterior, sugiere que las características que controlan o inciden sobre cada una de estas dos variables entre las variedades, lo hacen en diferente magnitud y en consecuencia se da esa baja asociación entre ellas (García, 1981).

Viability. Hyola 401 was greater than Monty ( $p < 0.5$ ) in viability, and the latter stored since 2007 was reduced to 0%, while Hyola 401 decreasing was significant but lower (Table 3). Similar to germination, prolonged storage under natural conditions (suboptimal), showed a differential effect (Elias and Copeland, 1994).

With one year of storage the germination and viability of the canola seed remained at levels allowed for commercialization (>85%), storing it for a longer time significantly affects viability and germination and its use as a seed is not viable. Similar results were recorded by Gusta *et al.* (2004), who determined the seed quality produced at different planting times and noted that seed vigor declines after one year of harvest. Also, Elias and Copeland (1994) indicated that due to deterioration of the canola seed after 10 months of storage under different conditions, it is necessary to determine the quality each month due to the gradual decline of germination capacity and vigor after 14 months of storage Prakash (1980).

Index of emergency speed. As in the previous features, Hyola 401 outperformed Monty (Table 3). The seed produced and stored in 2012 obtained the highest rate of emergency rate and was higher ( $p < 0.05$ ) to the seed stored since 2010 and this in turn higher than 2007. Although Hyola 401 seed was less affected in storage, emergency speed loss of 2007 seed, was more than 40% in value compared to that of 2012.

Total emergency. Hyola 401 was higher ( $p < 0.05$ ) to the variety Monty (Table 3), the seed of 2012 had the highest EMERT, higher ( $p < 0.05$ ) harvested in 2010 and this in turn to 2007. EMERT in Monty in 2010 was lower than 2012 at 22.2%, and 2012 to 2007, was reduced 100%. For its part Hyola 401 in 2012 presented the highest average which declined as the storage period advanced. These results are congruent with those reported by Elias and Copeland (1994) and indicate that the presence of genotype\*time interaction, although significant was not very important because of its contribution level to the total phenotypic variance observed for this trait. When comparing the contrasting response of the varieties (Table 3), a low relation was observed between the total seed emergency and the rate of emergency speed. This suggests that the characteristics that control or influence each of these two variables between varieties, do so in different magnitude and consequently gives that low association between them (García, 1981).

Peso de mil semillas y peso volumétrico. Para PMS hubo diferencias significativas entre genotipos, años de almacenamiento y la interacción entre éstos ( $p \leq 0.01$ ). Por el contrario, para el peso volumétrico no hubo diferencias significativas para las tres fuentes de variación por lo que no sería útil esta característica para clasificar de forma diferencial a cada tratamiento y no se presentan sus resultados. En PMS Hyola 401 superó a la variedad Monty. Respecto al tiempo de almacenamiento el mayor promedio se presentó en semilla de 2010 que fue estadísticamente superior ( $p \leq 0.05$ ) a la semilla de 2007 y 2012 en el PMS. La variedad Monty mostró un peso más bajo en la semilla cosechada y almacenada desde 2007, pero con muy poca diferencia a la cosechada en 2012 (Cuadro 3). Las características del tamaño y peso de la semilla de canola son importantes, ya que lotes de semilla grande, en comparación con semilla mediana y chica de los mismos genotipos, 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* (González, 1981; 2003; Elliott *et al.*, 2008).

Para la comparación de estos materiales, se observó que el híbrido Hyola 401 superó significativamente a la variedad Monty en todas las variables de calidad fisiológica: germinación, viabilidad, índice de velocidad de emergencia y emergencia total y física: peso de mil semillas. También hubo una tendencia a favor del híbrido en el peso volumétrico, que puede ser explicado en función de un mayor peso de semilla o del vigor híbrido inherente en el genotipo. Resultados similares en cuanto al peso, rendimiento y componentes del híbrido Hyola 401 fueron reportados por Ortegón (2003); y Ortegón *et al.* (2006) en un estudio de fechas de siembra con un grupo de variedades e híbridos en el Norte de Tamaulipas. Asimismo, el tamaño y peso de la semilla de canola fueron características importantes por Elliott *et al.* (2008).

Respecto al efecto del almacenamiento hubo diferencias significativas en cuatro variables de calidad fisiológica: GER, VIA, IVE y EMERT, con mayores promedios en menor tiempo de almacenamiento; es decir, el proceso de deterioro fue mayor conforme se incrementó el período de almacenamiento. No obstante, para la variable física PMS, la semilla de 2010 presentó promedios más altos. Este resultado se debe a un ambiente favorable para la producción de semilla en 2010 y a un reducido efecto del tiempo de almacenamiento. Gusta *et al.* (2004); Franklin (1985), mencionaron que el ambiente de producción tiene un efecto significativo sobre el vigor de la semilla, de tal forma que se deben buscar localidades y sistemas de producción que produzcan semilla de alta calidad.

Weight of one thousand seeds and volumetric weight. For PMS there were significant differences between genotypes, years of storage and the interaction between them ( $p \leq 0.01$ ). In contrast, for the volumetric weight no significant differences were observed for the three variation sources, so this feature would not be useful to classify differently each treatment and the results are not shown. In PMS Hyola 401 outperformed the Monty variety. Regarding storage time the highest average was shown by 2010 seeds that were statistically higher ( $p \leq 0.05$ ) than 2007 and 2012 seeds in PMS. The Monty variety showed a lower weight in seeds harvested and stored since 2007, but with very little difference to that harvested in 2012 (Table 3). The characteristics of size and weight of canola seeds have been noted as important, as large seed lots, compared to medium and small seeds of the same genotypes, improved planting of seedlings, weight of the area part of the plant, total biomass and yield as well as tolerance to beetles of *Phyllotreta* genus (González, 1981; 2003; Elliott *et al.*, 2008).

For the comparison of these materials, in general terms, it was observed that Hyola 401 hybrid significantly exceeded the Monty variety in all variables of physiological quality: germination, viability, emergency rate and total and physical emergency: thousand seeds weight. There was also a trend in favor of the hybrid in the volumetric weight, which can be explained by a higher seed weight or the hybrid vigor inherent in the genotype. Similar results in weight, and even performance and components of the hybrid Hyola 401 were reported by Ortegón (2003); Ortegón *et al.* (2006) in a study of dates of sowing conducted with a group of varieties and hybrids in the North of Tamaulipas. Also, the size and weight of canola seed were identified as important characteristics by Elliott *et al.* (2008).

Regarding the storage effect, there were significant differences in four variables of physiological quality: GER, VIA, IVE and EMERT, with the highest averages in the shortest storage time; that is, the deterioration process was greater as the storage period increased. However, for the PMS physical variable, the 2010 seed showed the highest averages. This result is probably due to a more favorable production environment for seed production in 2010 and to a reduced effect of storage time on this characteristic. Gusta *et al.* (2004); Franklin (1985), mentioned that the production environment has a significant effect on seed vigor, so that localities and production systems that consistently produce high-quality seed should be sought.

Genotipos locales. Hay que considerar que la semilla más recientes tenía dos años en almacén y se encontraba por debajo de los valores permitidos para su uso (Cuadro 4).

Local genotypes. In this case, the most recent seed had two years in storage and was below the values allowed for its use as seed (Table 4).

**Cuadro 4. Prueba de medias de cinco características de calidad de semilla en dos variedades nacionales de canola almacenados por tres períodos diferentes.**

**Table 4. Test of means of five seed quality characteristics in two national canola varieties stored for three different periods.**

Característica	Variedad	Año almacenamiento			Media	DMS 0.05		
		2007	2008	2010		G	AA	G*A
GER	Aztecan	59.5	63	80	67.5	6.829	10.32	18.56
	Canomex	36.25	63	80.5	59.91			
	Media	47.87	63	80.2				
VIA	Aztecan	60	81.5	80	73.83	6.952	10.51	18.89
	Canomex	36.5	51.5	81.5	56.5			
	Media	48.2	66.5	80.7				
IVE	Aztecan	1.76	1.68	5.77	3.07	0.587	0.888	1.597
	Canomex	1.01	1.68	4.18	2.29			
	Media	1.39	1.68	4.98				
EMERT	Aztecan	32	36	57	41.7	8.9	13.45	24.19
	Canomex	26	33	62	40.3			
	Media	29	34.5	59.5				
P1000S	Aztecan	5.97	4.77	3.67	5.03	0.194	0.294	0.529
	Canomex	5.21	4.93	4.96	4.8			
	Media	5.59	4.85	4.31				

GER= germinación; VIA= viabilidad; IVE= índice de velocidad de emergencia; EMERT= emergencia total; P1000S= peso de mil semillas. G= genotipo; AA= año de almacenamiento; G\*A= interacción genotipo\*año de almacenamiento.

Germinación. Aztecan fue superior ( $p > 0.05$ ) a Canomex. En tiempo de almacenamiento, el promedio de germinación de la semilla de 2010 fue superior ( $p > 0.05$ ) a la de 2008 y 2007. El efecto de la interacción genotipo\*almacenamiento fue significativo. La germinación de Canomex se redujo conforme se incrementó el tiempo de almacenamiento, no así Aztecan, ya que la germinación de 2010 y 2008 se ubicó en el mismo grupo estadístico (DMS 0.05) pasando a un grupo de menor germinación en 2007. Lo anterior muestra la superioridad de Aztecan en esta característica, (Cuadro 4).

Viabilidad. Al igual que en germinación, Aztecan superó significativamente a Canomex. La mayor viabilidad de semilla fue la cosechada en 2010, reduciéndose conforme aumentó el tiempo de almacenamiento. Canomex presentó los más bajos promedios en 2008 y 2007, lo que indica que es más sensible al almacenamiento prolongado (Cuadro 4).

Germination. Aztecan was higher ( $p > 0.05$ ) to Canomex. Regarding to storage time, the average 2010 seed germination was higher ( $p > 0.05$ ) than in 2008 and 2007. The effect of the interaction genotype\*storage was significant. The germination of Canomex was reduced drastically as the storage time increased, but not that of Aztecan, since its germination of 2010 and 2008 was located in the same statistical group (DMS 0.05), passing to a group of lower germination in 2007. This shows the superiority of Aztecan in this characteristic (Table 4).

Viability. As in germination, Aztecan significantly outperformed Canomex. The highest viability of seed was harvested in 2010, reducing as the storage time increased. Canomex showed the lowest averages in 2008 and 2007, indicating that it is more sensitive to prolonged storage (Table 4).

Índice de velocidad de emergencia. Los factores años y genotipos fueron determinantes para la expresión del índice de velocidad de emergencia, observándose diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ), siendo años o tiempo de almacenamiento el factor de mayor importancia. La interacción fue significativa detectándose los promedios superiores en la variedad Aztecan y Canomex con el menor tiempo de almacenamiento (2010) y estadísticamente diferentes a los años 2008 y 2007.

Emergencia total. No se observaron diferencias entre genotipos. En el caso de años de almacenamiento, la emergencia total en 2010 fue superior ( $p < 0.05$ ) a la registrada en la semilla de 2008 y 2007. De 2010 a 2008 la EMERT de Canomex disminuyó en 29% y en 2007 decreció en 36%, mientras que la variedad Aztecan de 2010 a 2008 se redujo en 36.84% y en 2007, 43.85% detectándose un cambio en la posición de las variedades al pasar de 2008 a 2010, lo que sugiere un efecto de la interacción (Cuadro 4).

Peso de mil semillas y peso volumétrico. La variedad Aztecan resultó significativamente superior a Canomex, y en años de almacenamiento fue de mayor a menor en 2007, 2008 y 2010, respectivamente. Esto indica que el peso de la semilla es independiente del período de almacenamiento y que el peso fue dependiente de la variedad y de las condiciones de producción en cada año. La interacción genotipo por año de almacenamiento fue importante porque hubo cambio de posición de genotipos a través de años. Para la variable evaluada de peso volumétrico no se detectó ninguna diferencia estadística para las tres fuentes de variación.

En general, en la comparación entre las dos variedades locales se detectaron diferencias significativas en cuatro variables: GER, VIA, IVE y PMS, siendo Aztecan superior a Canomex, una tendencia similar, aunque no significativa, se detectó en la EMERT.

En relación al tiempo de almacenamiento de 2, 4, y 5 años, se observó que los promedios de GER, VIA, IVE y EMERT, fueron estadísticamente diferentes entre los años 2010 y 2008 y estadísticamente iguales los de los años 2008 y 2007 para IVE y EMERT, con una tendencia de mayores promedios en 2008. En el peso de mil semillas, el mayor promedio lo presentó el año 2007, seguido de 2008 y por último de 2010, siendo estadísticamente diferentes entre ellos. Al igual que con los genotipos introducidos, tampoco en los genotipos locales se observó efecto negativo del tiempo de almacenamiento en el peso de la semilla.

Emergency speed index. Years and genotypes were determining factors for the expression of emergency speed index, showing highly significant differences ( $p \leq 0.01$ ), being years or storage time the most important factor. The interaction was significant, detecting the higher averages in the Aztecan and Canomex varieties with the shortest storage time (2010) and statistically different to the years 2008 and 2007.

Total emergency. No differences were observed between genotypes. For years of storage, the total emergency in 2010 was higher ( $p < 0.05$ ) than in the seeds of 2008 and 2007. From 2010 to 2008 Emert of Canomex decreased by 29% and in 2007 it decreased by 36%, while in the Aztecan variety from 2010 to 2008 it decreased by 36.84% and in 2007, 43.85% showing a change in the position of the varieties from 2008 to 2010, suggesting an important effect of the interaction on this characteristic (Table 4).

Weight of one thousand seeds and volumetric weight. The Aztecan variety was significantly superior to Canomex, and in storage years they are shown from highest to lowest in 2007, 2008 and 2010, respectively. This indicates that the seed weight is independent of the storage period and that the weight was dependent on the variety and the production conditions in each particular year. The genotype per year of storage interaction was significant because there was change of position of genotypes over the years. For the evaluated variable of volumetric weight no statistical difference was detected for the three variation sources.

In general, in the comparison between the two local varieties, significant differences were detected in four variables: GER, VIA, IVE and SMP, with Aztecan superior to Canomex, a similar but not significant trend was detected in the EMERT.

Regarding to storage time of 2, 4 and 5 years, it was shown that the GER, VIA, IVE and EMERT averages were statistically different between 2010 and 2008 and statistically the same those of the years 2008 and 2007 for IVE and EMERT, with a trend of higher averages in 2008. In the thousand seed weight, the highest average was shown in 2007, followed by 2008 and finally by 2010, being statistically different among them. As with the introduced genotypes, neither negative effects of storage time on seed weight were shown in the local genotypes.

### Análisis de correlaciones simples

La emergencia total, como indicador del comportamiento en campo y de vigor, se correlacionó significativamente con la viabilidad de la semilla (0.84), germinación (0.84), e índice de velocidad de emergencia (0.86) (Cuadro 5). Es decir, 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. Por otra parte, la correlación negativa entre el PMS y el IVE, aunque no es alta, sugiere que una semilla de menor peso, emerge en menos tiempo o en forma más sincronizada, que la de mayor peso.

### Analysis of simple correlations

Total emergence, as an indicator of field behavior and vigor, was significantly correlated with seed viability (0.84), germination (0.84), and emergency rate index (0.86) (Table 5). That is, the physiological characteristics of the seed influence the total emergence, which in turn is an indicator of the response that would be obtained in the field. On the other hand, the negative correlation between PMS and IVE, although not high, suggests that a seed of lower weight emerges in less time or in a more synchronized way than the one of greater weight.

**Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre variables de calidad de semilla evaluadas en cuatro variedades de canola almacenada en condiciones naturales en Metepec, Estado de México.**

**Table 5. Correlation coefficients among seed quality variables evaluated in four canola varieties stored under natural conditions in Metepec, Estado de Mexico.**

	VIA	GER	IVE	EMERT	PMS	PVOL
VIA	1	0.9989	0.6719	0.8471	-0.0588	0.1741
		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.6912	0.2366
GER		1	0.6644	0.8424	-0.0625	0.1696
			< 0.0001	< 0.0001	0.673	0.2491
IVE			1	0.8693	-0.4728	0.0113
				<0.0001	0.0007	0.939
EMERT				1	-0.2495	0.1346
					0.0873	0.3615
PMS					1	0.167
						0.2566
PVOL						1

El envejecimiento de las semillas en almacenamiento es un fenómeno inevitable, pero depende del nivel y velocidad de decline en la calidad de la semilla, además de las condiciones de almacenamiento, de la especie y de la calidad inicial de la semilla almacenada (Elias y Copeland, 1994), 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 de uno y dos años en almacén. Múltiples características de calidad de semilla decrecieron conforme se incrementó el tiempo

Aging of seeds in storage is an inevitable phenomenon, but the level and speed of decline in seed quality depends strongly, in addition to the storage conditions, of the stored species and the initial quality of the seed stored (Elias and Copeland, 1994) as well as the genetic characteristics of seeds. Verma *et al.* (2003) studied the seed of two varieties of Brassica campestris that was stored for four years under normal ambient conditions. The percent germination remained above the minimum allowed standards (85%) in the seed of one and two years in storage. Many seed quality characteristics decreased as the storage time increased and the decline was greater in seeds stored for 3 and 4 years. These results are similar to those reported in this research.

de almacenamiento y el decline fue mayor en semillas almacenadas por 3 y 4 años. Estos resultados son similares a los reportados en esta investigación.

Por otra parte, Nagel *et al.* (2011); Castillo (2002) 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 sugiere la complejidad de esta característica.

## Conclusiones

La semilla de canola de los genotipos introducidos mostró pérdida de calidad después de un año en almacenamiento bajo condiciones normales de temperatura y humedad en bodega. De éstos, el híbrido Hyola 401 superó significativamente a la variedad Monty en cinco variables de calidad de semilla, germinación, viabilidad, índice de velocidad de emergencia, emergencia total y peso de mil semillas. De la comparación entre variedades locales, la variedad Aztecan superó a Canomex en las características de calidad de semilla.

Al comparar las cuatro variedades se observa que los efectos de la interacción genotipo por tiempo de almacenamiento sobre las características relacionadas con la calidad de la semilla (GER, VIA, IVE, EMERT, PMS y PVOL), aunque fueron significativos, no fueron importantes en la explicación de la varianza observada; por el contrario, el tiempo de almacenamiento resultó crítico, a mayor tiempo de almacenamiento, menor calidad de la semilla.

## Literatura citada

- Abdul-Baki, A. A. and Anderson, J. D. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. *Crop Sci.* 13:630-633.
- Canola Encyclopedia. 2013. Canola Council of Canada. <http://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/crop>.
- Castillo, T. N. 2002. Programa nacional de investigación, validación y transferencia de tecnología en canola 2001-2002 y 2003. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México, D. F. 43 p.

Moreover, Nagel *et al.* (2011); Castle (2002) determined the seed longevity 42 accessions of *Brassica napus*, the comparison showed that germination viability was partly genetically controlled and varied between 42% and 98%. To define the genetic basis of longevity, they subjected a population of double haploids to three aging treatments. They detected QTLs on six different chromosomes, suggesting the complexity of this feature.

## Conclusions

The canola seed of the introduced genotypes showed loss of quality after one year in storage under normal conditions of temperature and humidity. Of these, the Hyola 401 hybrid significantly exceeded the Monty variety in five variables of seed quality, germination, viability, emergency rate, total emergency and weight of one thousand seeds. From the comparison between local varieties, the Aztecan variety surpassed Canomex in the characteristics of seed quality.

When comparing the four varieties, the effects of the genotype interaction by storage time on the characteristics related to seed quality (GER, VIA, IVE, EMERT, PMS and PVOL), although significant, were not important in the explanation of the observed variance; on the contrary, the storage time was critical, the longer the storage time, the lower the quality of the seed.

*End of the English version*



- Elias, S. G. and Copeland, L. O. 1994. The effect of storage conditions on canola (*Brassica napus* L.) seed quality. *J. Seed Technol.* 18(1):21-29.
- Elias, S. G. and Copeland, S. G. 1997. Evaluation of seed vigor for canola. *Seed Technology.* 19:78-79.
- 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. [canolacouncil.org](http://canolacouncil.org).
- Elliott, R. H.; Franke, C. and Rakow, G. F. W. 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.
- FAO. 2014. Estadísticas de producción de cultivos. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S>

- FR (Financiera Rural). 2011. Monografía de colza-canola. Dirección Adjunta de Planeación Estratégica. Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial. 8 p.
- Franklin, P.; Brent, R. and Mitchell, L. 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.). Lario Ed. S. A. 252 p.
- González, A. 2003. Guía para la producción de canola bajo riego en el centro y sur de Jalisco. Campo Experimental Altos de Jalisco. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México (INIFAP). Folleto para productores Núm. 1. 30 p.
- Gusta, L. V.; Johnson, E. N.; Nesbitt, N. T. and Kirkland, K. J. 2004. Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. *Can J. Plant Sci.* 84(2):463-471.
- 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.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera Edición. Instituto de Biología. UNAM. México. D. F. 286 pp.
- Nagel, M.; Rosenhauer, M.; Willner, E.; Snowdon, R. J.; Friedt W. and Börner, A. 2011. Seed longevity in oilseed rape (*Brassica napus* L.) -genetic variation and QTL Mapping. *Plant Genetic Res. Characterization and Utilization* 9:260-263.
- 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 (INIFAP). México, D. F. 15 p.
- Ortegón, M. A.; Díaz, F. A. y Ramírez, L. A. 2006. Rendimiento y calidad de semillas de variedades e híbridos de canola en el norte de Tamaulipas, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 29:181-186.
- Prakash, S. 1980. Cruciferous oilseed in India. *In: Tsumoda, S.; Hinata, K. and Gomez, C. C. (Eds.) Brassica crops and wild allies. Biology and Breeding.* Japan Scient. Soc. Press, Tokyo. 151-163. pp.
- Raymer, P. L. 2002. Canola: an emerging oilseed crop. *In: Janick, J. and Whipkey, A. (Eds.). Trends in new crops and new uses.* ASHP Press Alexandria, VA, EUA. <http://www.Hortpurdue.edu/newcrop/ncnv02/v5-122.1>.
- SAS Institute (Statistical Analysis System). 2009. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Verma, S. S.; Verma, U. and Tomer, R. P. S. 2003. Studies on seed quality parameters in deteriorating seeds in Brassica (*Brassica campestris*). *Seed Sci. Technol.* 31:389-396.