

# EVALUACIÓN DE LA FECHA DE SIEMBRA DE DIEZ GENOTIPOS DE CEBADA MALTERA. REGIÓN BAJÍO.

Evaluation of the planting date of ten genotypes of malting barley. Bajío region.

## Dr. Juan Armando Pérez Ruiz

Profesor Investigador  
Campo Experimental Valle de México  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.  
Contacto: [juan.perez@colpos.mx](mailto:juan.perez@colpos.mx)

## Dr. José Apolinar Mejía Contreras

Profesor Investigador  
Postgrado en Producción de Semillas  
Colegio de Postgraduados. México

## Dr. Mauro Zamora Díaz

Profesor Investigador  
Campo Experimental Valle de México  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,  
Agrícolas y Pecuarias. México

## M. en C. Salomón Solano Hernández

Profesor Investigador  
Campo Experimental Bajío  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,  
Agrícolas y Pecuarias. México

## M. en C. Adrián Hernández Livera

Profesor Investigador  
Postgrado en Producción de Semillas  
Colegio de Postgraduados. México

*Recibido:* 25/05/2015      *Aceptado:* 07/07/2015

### RESUMEN

El Bajío comprende los estados de Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco. En esta región la fecha de siembra óptima es útil para maximizar las condiciones climáticas y obtener semillas de calidad. Diez genotipos de cebada maltera fueron cultivados en cinco fechas de siembra; noviembre 15 y 30, diciembre 15 y 30 y enero 15, bajo riego, en el ciclo otoño-invierno 2012-2013. El diseño experimental fue bloques al azar. Las variedades Alina y Armida mostraron la mejor calidad física de semilla. La línea M-10542 tuvo la mejor calidad fisiológica de semilla. Sembrar el 30 de diciembre y 15 de enero implicó la disminución del peso hectolítrico y el peso de mil semillas. La presencia de temperaturas bajas en la etapa de espigamiento disminuyó el vigor de la semilla.

**Palabras clave:** Fechas de siembra, fenología, calidad física de grano, germinación, vigor.

### ABSTRACT

El Bajío includes the states of Queretaro, Guanajuato, Michoacán and Jalisco. In this region the optimum planting date is useful to maximize the weather and get quality seed. Ten malting barley genotypes were sown in five planting dates; November 15 and 30, December 15 and 30 and January 15, under irrigation, in the autumn-winter 2012-2013 cycle. The experimental design was randomized blocks. The line M-10542 had the best physiological seed quality. The planting date of December 30 and January 15 involved reduction in the thousand seed weight and hectoliter weight. The presence of low temperatures in the grain filling stage decreased physiological seed quality.

**Keywords:** Planting dates, phenology, germination, physical seed quality, vigor.

## INTRODUCCIÓN

La región de El Bajío, México, comprende parte de los estados de Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco, en donde la cebada se cultiva bajo condiciones de riego, durante el ciclo otoño-invierno (Solano et al., 2009).

El crecimiento de la superficie sembrada con cebada en esta región, se debe principalmente a su ventaja sobre el trigo; debido a que demanda menor cantidad de agua, tiene un ciclo de cultivo entre 110 a 125 días de siembra a madurez fisiológica, la comercialización es por contrato y tiene bonificaciones por la calidad física del grano (Zamora et al., 2010), asimismo, la producción nacional de semilla de cebada se efectúa en el estado de Guanajuato, generando una opción más redituable al producir este insumo (SIAP, 2013).

Durante la producción de semilla se deben cumplir ciertas características específicas durante el proceso de certificación. Se consideran cuatro atributos básicos en la calidad de la semilla (Ellis, 1992): 1) calidad genética, se refiere a características genéticas específicas inherentes a la constitución genética contenida en la semilla que proporciona el potencial para altos rendimientos, mejor calidad de semilla y tolerancia a factores bióticos y abióticos; 2) calidad fisiológica, se caracteriza por semillas con alta viabilidad, germinación y vigor, que determinan el potencial de germinación, y la posterior emergencia de plántulas y establecimiento del cultivo en campo; 3) calidad física, se caracteriza por semillas con tamaño y peso uniforme, y por un mínimo de semillas dañadas, semillas de malezas o materia inerte; 4) y calidad sanitaria, referente a la presencia o ausencia de enfermedades u organismos causantes, como son hongos, bacterias, virus, insectos, nematodos, parásitos y malezas.

No obstante, se debe considerar que en condiciones de campo diversos factores tienen un impacto negativo sobre la calidad de la semilla.

Algunos de ellos son efecto del cambio climático, el cual prevé mayor presencia de fenómenos extremos, como son olas de calor, heladas atípicas y sequías prolongadas, por lo tanto, la adaptación de los cultivos es importante para reducir los daños en la agricultura (Olesen et al., 2012).

Entre las principales causas que afectan la calidad de la semilla, están las condiciones ambientales durante y después de la anéxsis y llenado de grano, es decir, los efectos causados por la presencia de olas de calor o heladas.

El estrés por calor es un problema agrícola en numerosas regiones, a menudo se define como el aumento de la temperatura por un periodo de tiempo suficiente para

que cause un daño irreversible en el crecimiento y desarrollo de la planta, incluyendo el desarrollo de la semilla (Wahid et al., 2007).

El estrés por frío, es otro factor limitante que causa enormes pérdidas en la agricultura, el cual afecta las etapas vegetativa y reproductiva de las plantas, siendo esta última más susceptible por producir anomalías estructurales y funcionales en los órganos reproductivos (Thakur et al., 2010).

De modo que las condiciones ambientales afectan el desarrollo del cultivo; por ello es importante elegir la fecha de siembra adecuada u óptima, esto permitirá aprovechar al máximo las condiciones climáticas para favorecer que el cultivo exprese su máximo potencial productivo y obtener semillas de mayor calidad.

Las semillas de buena calidad permiten sustentar las actividades con fines agrícolas, mejorando la producción en términos de calidad y rentabilidad. Suaste-Franco et al. (2013) mencionan que en la región de El Bajío, el rendimiento y la calidad de semilla de trigo están relacionados con la fecha de siembra.

Sin embargo, no se cuenta con información concisa para el cultivo de cebada, por lo cual el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fecha de siembra sobre la calidad física y fisiológica de semilla de diez genotipos de cebada maltera cultivados bajo condiciones de riego, bajo la premisa de que las condiciones ambientales presentes a través de fechas de siembra afectan la calidad de semilla en al menos un genotipo de cebada maltera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se utilizaron diez genotipos de cebada maltera proporcionados por El Programa Nacional de Cebada, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), entre ellas se encuentran:

### Variedades para condiciones de riego

Alina, Armida y Esperanza. Presentan tolerancia a enfermedades comunes en El Bajío, poseen alto potencial de rendimiento y tienen buena calidad industrial (Solano et al., 2009; Zamora et al., 2010).

### Variedades para condiciones de secano

Adabella y Esmeralda. Presentan tolerancia a enfermedades comunes en Valles Altos de la Mesa Central de México, y poseen calidad industrial (Zamora et al., 2008). En condiciones de secano dependen de la precipitación pluvial como única fuente de humedad durante el ciclo de

cultivo.

### Líneas experimentales para condiciones de riego

M-173, M-174 y M-10542. Presentan tolerancia a las principales enfermedades del cultivo presentes en El Bajío, tienen buen potencial de rendimiento y buena calidad industrial.

### Líneas experimentales para condiciones de secano

M-176 y M-177. Presentan tolerancia a las principales enfermedades del cultivo en Los Valles Altos del país, tienen potencial de rendimiento aceptable y presentan buena calidad industrial.

El diseño experimental de campo fue mediante bloques completos al azar, con un arreglo factorial de tratamientos con dos factores de estudio, fechas de siembra y genotipos, empleando tres repeticiones por tratamiento. La siembra del material experimental se realizó en cinco fechas de siembra (FS): noviembre 15 (FS1) y 30 (FS2), diciembre 15 (FS3) y 30 (FS4) y enero 15 (FS5), en el ciclo otoño-invierno de 2012-2013, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), Celaya, Guanajuato, México, perteneciente al INIFAP. El CEBAJ se localiza en Celaya, Guanajuato, México, a 20° 32' LN, 100° 48' LO y 1752 m de altitud, la precipitación y temperatura media anual es de 578 mm y 19.8 °C, respectivamente (Suaste-Franco et al., 2013). Cada unidad experimental consistió de cuatro surcos de 3.0 m de longitud y separación de 0.3 m, la densidad de siembra fue de 100 kg ha<sup>-1</sup> a excepción de la variedad Esperanza que fue de 120 kg ha<sup>-1</sup>.

Se aplicó un riego al momento de la siembra y posteriormente a los 45, 70 y 90 días. El manejo agronómico fue el recomendado por INIFAP para la región de El Bajío (Zamora et al., 2010).

Durante el ciclo de cultivo se registró la temperatura máxima y mínima. Los datos se obtuvieron de la estación meteorológica CEBAJ-INIFAP. La investigación constó de tres fases: en la primera se evaluaron las características agronómicas, en la segunda se evaluó la calidad física de la semilla y en la tercera se evaluó la calidad fisiológica de la semilla mediante pruebas de germinación en laboratorio y pruebas de vigor bajo condiciones de microtúnel.

### Evaluación de características agronómicas

**Días a embuche.** Se consideró cuando el 50 % de las plantas mostró dehiscencia de las aristas.

**Días a espigamiento.** Se consideró cuando el 50 % de las plantas mostró la espiga completamente fuera de la hoja bandera.

**Días a madurez fisiológica.** Se consideró cuando el pedúnculo de las espigas tuvo un color marrón.

### Evaluación de la calidad física de la semilla

De la semilla cosechada, se obtuvo una muestra de 400g de semilla sin aristas y libre de impurezas, posteriormente se llevó al Laboratorio de Análisis de Semillas perteneciente al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Edo. de México, en donde se analizó la semilla para determinar los siguientes aspectos:

**Contenido de humedad de la semilla.** Se determinó mediante el uso de tres repeticiones de 120 g de semilla utilizando un determinador de humedad digital (BURROWS, mod. DMC750 Digital moisture computer, Chicago, USA), y el resultado obtenido se expresó en porcentaje.

**Peso de mil semillas (PMS).** Se contaron y pesaron ocho repeticiones de 100 semillas, con los datos obtenidos se calculó el promedio, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación, el cual fue menor a 4.0 y el peso de mil semillas se obtuvo multiplicando por diez la media aritmética de las ocho repeticiones y fue expresado en gramos.

**Peso hectolítrico (PHL).** Se obtuvo en base al método de la probeta, especificado en la Norma Mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003 (Secretaría de Economía, 2003). El procedimiento consistió en obtener el volumen ocupado por el grano, para esto se vertió una muestra de 120 g de grano a través de un embudo especial con válvula, a una probeta de precisión graduada de 250 ml. Esta operación se repitió dos veces y se obtuvo el promedio. Con este dato se determinó el peso hectolítrico (kg hL<sup>-1</sup>) descrito en la tabla de dicha norma.

### Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla

**Prueba de Germinación en laboratorio.** Se realizó de acuerdo con las recomendaciones de la International Seed Testing Association (ISTA, 2005), utilizando cuatro repeticiones de cien semillas por tratamiento, bajo un diseño experimental completamente al azar. La prueba se realizó mediante el método "entre papel", donde; veinticinco semillas fueron colocadas y espaciadas en forma alternada en toallas de papel (22.5 x 23.5 cm) y enrolladas en forma de taco. Los rollos se colocaron en bolsas de plástico y luego en una cámara de germinación Seedburo® a temperatura de 25 °C, durante siete días; posteriormente se evaluaron las siguientes variables:

**Porcentaje de germinación (PGL).** Se determinó en base al número de plántulas bien desarrolladas, sanas

### Evaluación de la fecha de siembra de diez genotipos de cebada maltera. Región bajío pp.18-28 ISSN: 2007-9575

Juan A. Pérez R., José A. Mejía C., Mauro Zamora D., Salomón Solano H., Adrián Hernández L.

y sin malformaciones, las cuales mostraban potencial para continuar su desarrollo.

**Porcentaje de plántulas anormales (PPAL).** Se determinó en base a plántulas con lesiones y malformaciones, las cuales mostraban defectos en sus estructuras esenciales, impidiéndoles desarrollarse satisfactoriamente en plantas.

**Porcentaje de semillas no germinadas y granos duros (PSSGL).** Se determinó en base al total de granos sin germinar, debido a que no absorbieron agua, además de aquellos que absorbieron agua pero no completaron el proceso de germinación.

**Vigor de la semilla.** La siembra se realizó en semilleros colocados bajo condiciones de microtúnel, utilizando arena de río como sustrato. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones de cien semillas por tratamiento. Las semillas se sembraron a 2 cm de profundidad, 2 cm entre plantas y 8 cm entre surcos, se aplicó un riego al momento de la siembra y posteriormente de manera diaria para mantener el sustrato húmedo. Las plántulas fueron extraídas catorce días después de la siembra, para evaluar:

**Velocidad de Emergencia (VE).** Se realizaron conteos diarios a partir de la emergencia de la primera plántula, hasta obtener un número constante de estas. Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$VE = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{X_i}{N_i} \right]$$

En dónde:

VE: Velocidad de emergencia.

$X_i$ : Número de plántulas emergidas al  $i$ -ésimo día.

$N_i$ : Número de días después de la siembra hasta el  $i$ -ésimo día.

**Porcentaje de germinación (PGA).** Se determinó en base al número de plántulas bien desarrolladas, sanas y sin malformaciones.

**Porcentaje de plántulas anormales (PPAA).** Se contabilizó el número de plántulas que presentaron malformaciones en coleóptilo y hojas, que impidieron un desarrollo normal.

**Porcentaje de viabilidad (PVI).** Se obtuvo sumando el número de plántulas normales y plántulas anormales.

**Longitud de plántula (LP).** Del total de plántulas normales se tomaron 10 plántulas al azar por repetición, posteriormente se midió la longitud de la parte aérea desde el cuello de la plántula hasta el ápice de la hoja más

larga, el resultado fue expresado en centímetros.

**Peso seco de la parte aérea (PSA).** De cada repetición se tomaron todas las plántulas normales y se separó la raíz de la parte aérea a la altura del cuello del tallo; posteriormente, la parte aérea se colocó en una bolsa de papel perforada, se sometió a secado en estufa a 70 °C durante 72 horas y transcurrido ese tiempo se tomó la lectura del peso seco y se expresó en mg.

Se realizaron análisis de varianza combinados y pruebas de comparación de medias en las variables evaluadas (Tukey, 0.05). Se empleó el programa estadístico SAS (2009).

## RESULTADOS

### Características agronómicas

El número de días a embuche, espigamiento y madurez fisiológica fue significativamente diferente entre genotipos y entre fechas de siembra (Tabla 1). Los genotipos presentaron un comportamiento distinto en la duración de las etapas fenológicas evaluadas, lo cual estuvo en función de las condiciones climáticas presentes durante el ciclo de cultivo a través de fechas de siembra.

Tabla 1. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables días a embuche, espigamiento y madurez fisiológica evaluadas en diez genotipos de cebada maltera.

FV	GL	Embuche	Espigamiento	Madurez Fisiológica
BLO	2	0.50	0.50	0.1
G	9	87.91 <sup>†</sup>	117.20 <sup>†</sup>	140.90 <sup>†</sup>
FS	4	117.62 <sup>†</sup>	133.29 <sup>†</sup>	719.96 <sup>†</sup>
G x FS	36	1.90 <sup>†</sup>	1.85 <sup>†</sup>	5.46 <sup>†</sup>
CV		1.31	0.94	0.55

<sup>†</sup>significativo (0.05); FV= factor de variación; GL= grados de libertad; G= genotipos; FS= fecha de siembra; CV= coeficiente de variación.

© Pérez, J., Mejía, J., Zamora, M., Solano, S., Hernández, A., *Revista Ciencia desde el Occidente*, Vol. 2, Núm. 2, 2015

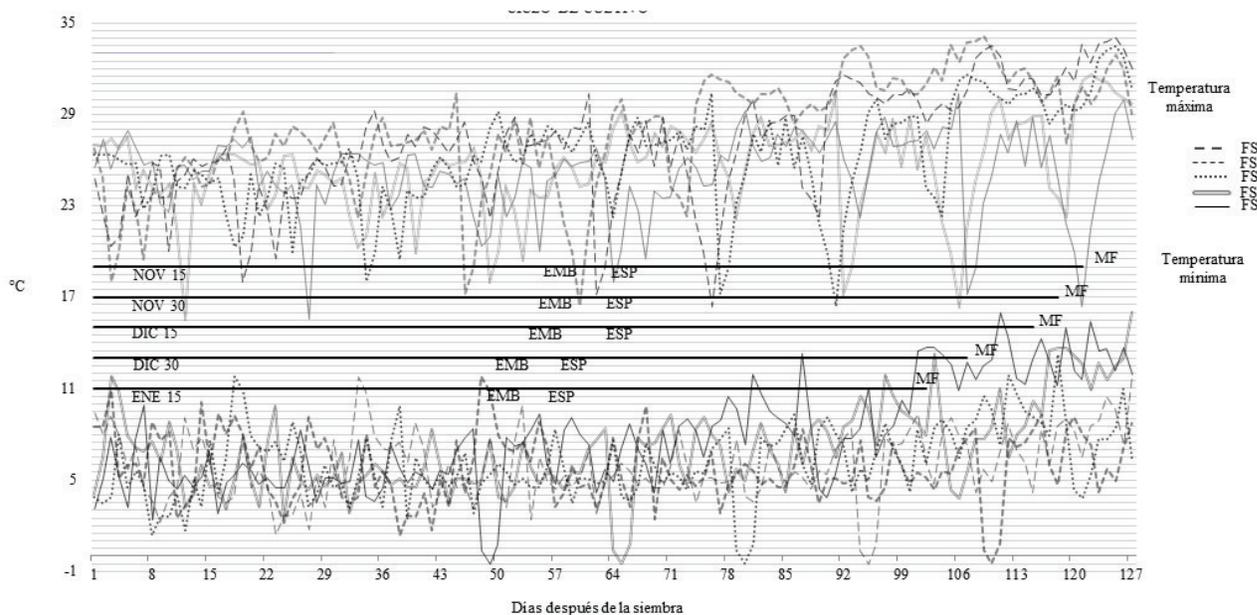
De manera general, los genotipos alcanzaron su madurez fisiológica en menor tiempo a medida que se sembró en fechas más tardías, con excepción de las FS1 y FS2, en las cuales el ciclo de cultivo fue muy semejante para la mayoría de los genotipos. El mayor lapso a madurez fisiológica se observó en la FS1 y la menor duración en la

fecha más tardía (FS5), caso similar ocurrió con las etapas de embuche y espigamiento (Figura 1).

En las FS1, FS2 y FS3 hubo temperaturas relativamente frescas durante el periodo vegetativo e inicio del llenado de grano, mientras que en las FS4 y FS5 la temperatura superó los 30 °C durante la etapa final del llenado de grano, consecuentemente, el aumento de la temperatura mínima y máxima fue la causa de que el ciclo de cultivo disminuyera. Del mismo modo, hubo presencia de temperaturas bajas los días 3, 4 y 5 de marzo, con valores de 0.4, -0.5 y 0.8 °C, respectivamente. El descenso de temperatura en la FS1 ocurrió a los 109 días después de la siembra (DDS) y aparentemente no perjudicó el desarrollo del grano; en la

FS2 ocurrió a los 94 DDS, afectando la calidad fisiológica del grano; en la FS3 ocurrió a los 79 DDS y se caracterizó por el nulo desarrollo de granos en la espiga, posiblemente porque la mayoría de los granos se encontraban en estado acuoso, siendo más sensibles al daño por frío; en la FS4 ocurrió a los 64 DDS y el desarrollo del cultivo se encontraba en la etapa de espigamiento, y se caracterizó por daño en el follaje y la nula formación de granos en las espigas de los genotipos más precoces; mientras que en la FS5 se suscitó a los 48 DDS, período en el que la mayoría de los genotipos se encontraban en la etapa de embuche, y solo se observó daño en el follaje (Figura 1).

Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas en las etapas fenológicas de embuche (EMB), espigamiento (ESP) y madurez fisiológica (MF), promedio de diez genotipos de cebada maltera, cultivados en cinco fechas de siembra en El Bajío, ciclo agrícola 2012-2013.



© Pérez, J., Mejía, J., Zamora, M., Solano, S., Hernández, A., *Revista Ciencia desde el Occidente*, Vol. 2, Núm. 2, 2015

### Calidad física de la semilla

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad de la semilla entre genotipos y fechas de siembra (Tabla 2).

La humedad osciló entre 8.29 a 8.77 % entre fechas de siembra (Tabla 3).

El peso hectolítrico (PHL) fue significativamente diferente entre genotipos y entre fechas de siembra (Tabla 2). Alina presentó valores superiores en la mayoría de las

fechas de siembra y en promedio fue la de mejor comportamiento (Tabla 4).

En la FS5 disminuyó considerablemente y en la FS2 se observó un valor bajo posiblemente por las temperaturas bajas que se suscitaban durante el ciclo de cultivo.

En peso de mil semillas (PMS) también hubo diferencias significativas entre genotipos (Tabla 2), estos resultados indican que los genotipos tienen un comportamiento distinto en la acumulación de reservas en la semilla.

### Evaluación de la fecha de siembra de diez genotipos de cebada maltera. Región bajo pp.18-28 ISSN: 2007-9575

Juan A. Pérez R., José A. Mejía C., Mauro Zamora D., Salomón Solano H., Adrián Hernández L.

Tabla 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de calidad física de semilla evaluadas en diez genotipos de cebada maltera, cultivados en cinco fechas de siembra.

FV	GL	CH (%)	PHL (kg hL <sup>-1</sup> )	PMS (g)
G	9	0.31	25.79 <sup>†</sup>	36.85 <sup>†</sup>
FS	4	1.02	51.81 <sup>†</sup>	183.73 <sup>†</sup>
G x FS	36	0.17	4.69 <sup>†</sup>	3.10
CV		4.7	2.28	3.53

<sup>†</sup>significativo (0.05); FV= factor de variación; GL= grados de libertad; G= genotipos; FS= fecha de siembra; CV= coeficiente de variación; CH= contenido de humedad de la semilla; PHL= peso hectolítrico; PMS= peso de mil semillas.

© Pérez, J., Mejía, J., Zamora, M., Solano, S., Hernández, A., *Revista Ciencia desde el Occidente*, Vol. 2, Núm. 2, 2015

Tabla 3. Calidad física de semilla de diez genotipos de cebada maltera cultivados en cinco fechas de siembra.

FS	CH (%)	PHL (kg hL <sup>-1</sup> )	PMS (g)
15 de noviembre	8.55 a <sup>†</sup>	63.24 ab	41.84 ab
30 de noviembre	8.32 a	61.87 b	40.58 b
15 de diciembre	8.29 a	65.11 a	44.00 a
30 de diciembre	8.77 a	65.99 a	41.56 b
15 de enero	8.46 a	61.87 b	34.68 c
DMSH <sub>(0.05)</sub>	0.49	3.05	2.37

<sup>†</sup>Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. DMSH= diferencia mínima significativa honesta de Tukey (0.05); CH= contenido de humedad de la semilla; PHL= peso hectolítrico; PMS= peso de mil semillas.

© Pérez, J., Mejía, J., Zamora, M., Solano, S., Hernández, A., *Revista Ciencia desde el Occidente*, Vol. 2, Núm. 2, 2015

Esta variable mostró los valores mayores en las FS1 y FS2, mientras que en la FS5 el PMS disminuyó drásticamente (Tabla 3), debido probablemente al acortamiento del ciclo de cultivo por el aumento de temperatura, el cual disminuyó el periodo de llenado de grano. Las variedades Armida y Alina tuvieron mayor PMS a través de fechas de siembra (Tabla 4). El comportamiento diferencial del PMS a través de fechas de siembra se atribuyó a la interacción genotipo x ambiente.

### Calidad fisiológica de la semilla

El porcentaje de germinación en laboratorio (PGL) fue significativamente diferente entre genotipos (Tabla 5), a pesar de esas diferencias, el PGL superó 90 % en todos los

Tabla 4. Comparación de medias de las variables de calidad física de semilla en diez genotipos de cebada maltera cultivados en cinco fechas de siembra.

Genotipo	PHL (kg hL <sup>-1</sup> )	PMS (g)
Adabella	61.10 b <sup>†</sup>	36.92 d
Alina	66.88 a	43.16 ab
Armida	64.92 ab	44.13 a
Esmeralda	65.32 ab	39.88 bcd
Esperanza	61.54 b	38.66 cd
M-173	61.74 ab	38.91 cd
M-174	63.19 ab	40.93 abcd
M-176	64.80 ab	41.53 abc
M-177	63.71 ab	39.53 bcd
M-10542	63.30 ab	41.71 abc
DMSH <sub>(0.05)</sub>	5.26	4.1

<sup>†</sup>Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. DMSH= diferencia mínima significativa honesta de Tukey (0.05); PHL= peso hectolítrico; PMS= peso de mil semillas.

© Pérez, J., Mejía, J., Zamora, M., Solano, S., Hernández, A., *Revista Ciencia desde el Occidente*, Vol. 2, Núm. 2, 2015

genotipos a través de fechas de siembra, con excepción de la FS2; en donde solo Armida, Esmeralda y M-10542 superaron el 90 % de germinación (Tabla 6), situación atribuida a las temperaturas bajas que se suscitaron durante el llenado de la semilla, que afectaron la expresión de esta variable (Figura 2), en comparación a las demás fechas de siembra.

La línea M-10542 mostró buen comportamiento en PGL en la mayoría de las fechas de siembra, además presentó el valor más sobresaliente en promedio de las cinco fechas de siembra (Tabla 7).

El porcentaje de plántulas anormales en laboratorio (PPAL) fue significativamente diferente entre fechas de siembra (Tabla 5). En promedio, hubo mayor PPAL en la FS2 (Tabla 6).

En porcentaje de semillas no germinadas y granos duros (PSSGL) hubo significancia entre genotipos y entre fechas de siembra (Tabla 5).

Los genotipos mostraron valores diferentes en PSSGL a través de fechas de siembra, lo cual podría estar relacionado con las condiciones climáticas presentes durante el desarrollo de la semilla, por ejemplo, en la FS2 donde hubo mayor PSSGL, lo cual se atribuyó al efecto de las temperaturas bajas (Tabla 6).

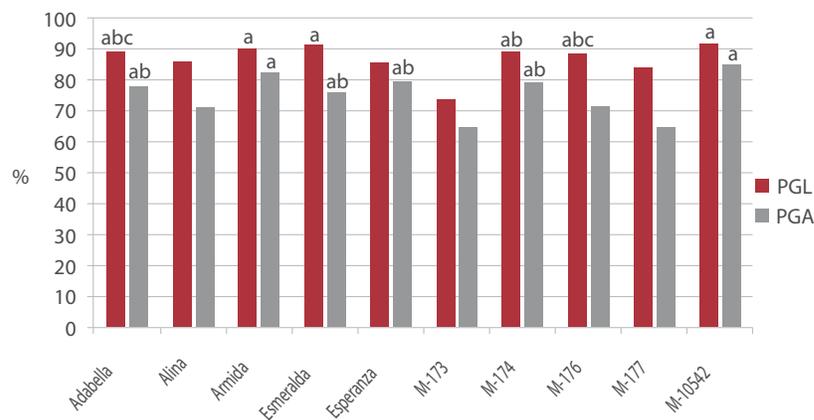
Tabla 5. Cuadros medios y significancia estadística de las variables de calidad fisiológica de semillas evaluadas en diez genotipos de cebada maltera, cultivados en cinco fechas de siembra.

FV	GL	PGL (%)	PPAL (%)	PSSGL (%)	VE	PGA (%)	PPAA (%)	PVI (%)	LP (cm)	PSA (mg)
G	9	46.62 <sup>†</sup>	2.45	42.97 <sup>†</sup>	10.23 <sup>†</sup>	179.16 <sup>†</sup>	29.38	104.29 <sup>†</sup>	20.24 <sup>†</sup>	3.10 <sup>†</sup>
FS	4	818.07 <sup>†</sup>	57.04 <sup>†</sup>	59.36 <sup>†</sup>	212.82 <sup>†</sup>	4560.25 <sup>†</sup>	2257.15 <sup>†</sup>	1354.98 <sup>†</sup>	36.05 <sup>†</sup>	3.74 <sup>†</sup>
G x FS	36	37.94 <sup>†</sup>	1.18	18.01	3.08 <sup>†</sup>	73.58 <sup>†</sup>	21.56	42.85 <sup>†</sup>	3.31	0.49
CV		2.41	64.21	49.24	6.24	4.74	52.35	3.73	11.09	11.4

<sup>†</sup>significativo (0.05); FV= factor de variación; GL= grados de libertad; G= genotipos; FS= fecha de siembra; CV= coeficiente de variación; PGL= porcentaje de germinación en laboratorio; PPAL= porcentaje de plántulas anormales en laboratorio; PSSGL= porcentaje de semillas no germinadas y semillas duras; VE= Velocidad de emergencia (plántulas emergidas por día); PGA= porcentaje de germinación en la prueba de vigor; PPAA= porcentaje de plántulas anormales en la prueba de vigor; PVI= porcentaje de viabilidad en la prueba de vigor; LP= longitud de plántula; PSA= peso seco de la parte aérea.

© Pérez, J., Mejía, J., Zamora, M., Solano, S., Hernández, A., *Revista Ciencia desde el Occidente*, Vol. 2, Núm. 2, 2015

Figura 2. Porcentaje de germinación de semillas de cebada maltera provenientes de la siembra del 15 de noviembre, en condiciones de laboratorio y microtúnel.



© Pérez, J., Mejía, J., Zamora, M., Solano, S., Hernández, A., *Revista Ciencia desde el Occidente*, Vol. 2, Núm. 2, 2015

Tabla 6. Comportamiento medio de las variables evaluadas en las pruebas de calidad fisiológica de semillas de cebada maltera cultivadas en cinco fechas de siembra.

Fecha de siembra	PGL (%)	PPAL (%)	PSSGL (%)	VE	PGA (%)	PPAA (%)	PVI (%)	LP (cm)	PSA (mg)
15 de noviembre	94.60 b <sup>†</sup>	1.03 b	4.17 b	18.52 b	91.63 b	6.77 b	93.46 b	16.66 c	2.55 ab
30 de noviembre	86.58 c	5.16 a	8.28 a	15.44 c	75.53 c	18.43 a	85.98 c	15.93 c	2.48 ab
15 de diciembre	95.71 a	0.35 b	4.02 b	20.08 a	92.98 b	5.13 b	94.31 b	17.37 a	2.69 a
30 de diciembre	94.23 b	0.83 b	5.01 ab	19.93 a	96.70 a	3.00 c	97.36 a	17.24 ab	2.33 b
15 de enero	94.40 b	0.93 b	4.63 b	19.13 b	96.35 a	5.31 b	97.81 a	15.63 c	2.38 b
DMSH <sub>(0.05)</sub>	0.85	1.52	3.64	0.62	2.32	2.03	1.94	0.68	0.24

<sup>†</sup>Valores con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales. DMSH= diferencia mínima significativa honesta de Tukey (0.05); PGL= porcentaje de germinación en laboratorio; PPAL= porcentaje de plántulas anormales en laboratorio; PSSGL= porcentaje de semillas no germinadas y semillas duras; VE= velocidad de emergencia (plántulas emergidas por día); PGA= porcentaje de germinación en la prueba de vigor; PPAA= porcentaje de plántulas anormales en prueba de vigor; PVI= porcentaje de viabilidad en prueba de vigor; LP= longitud de plántula; PSA= peso seco de la parte aérea.

© Pérez, J., Mejía, J., Zamora, M., Solano, S., Hernández, A., *Revista Ciencia desde el Occidente*, Vol. 2, Núm. 2, 2015

Tabla 7. Comportamiento medio de las variables evaluadas en las pruebas de calidad fisiológica en diez genotipos de cebada maltera.

Genotipo	PGL (%)	PPAL (%)	PSSGL (%)	VE	PGA (%)	PPAA (%)	PVI (%)	LP (cm)	PSA (mg)
Adabella	93.16 abc <sup>†</sup>	1.50 a	5.34 a	18.93 ab	91.30 ab	6.88 a	93.93 abc	16.38 bcd	2.40 abc
Alina	92.63 bc	1.87 a	5.50 a	18.40 abc	91.13 ab	6.75 a	94.16 abc	16.81 abcd	2.55 abc
Armida	93.86 ab	1.99 a	4.15 a	19.10 a	91.66 ab	7.10 a	94.30 ab	16.92 abcd	2.63 ab
Esmeralda	93.83 ab	2.82 a	3.35 a	18.92 ab	91.40 ab	7.90 a	94.63 ab	17.91 a	2.60 abc
Esperanza	92.73 bc	1.02 a	6.25 a	18.56 ab	90.86 ab	8.77 a	94.26 ab	15.08 e	2.30 bc
M-173	90.33 c	1.82 a	7.85 a	17.91 bc	86.50 c	8.94 a	91.06 c	16.17 cde	2.20 c
M-174	94.00 ab	2.07 a	3.93 a	19.33 a	92.36 ab	7.78 a	95.46 a	16.11 cde	2.46 abc
M-176	94.13 a	1.71 a	4.16 a	18.74 ab	89.36 bc	7.23 a	92.16 bc	17.45 ab	2.78 a
M-177	91.96 c	2.10 a	5.94 a	17.40 c	86.93 c	9.35 a	91.03 c	15.85 de	2.35 bc
M-10542	94.40 a	1.84 a	3.75 a	18.92 ab	94.56 a	6.60 a	96.86 a	16.99 ab	2.55 abc
DMHS <sub>(0.05)</sub>	1.39	2.54	6.08	1.01	3.81	3.33	3.18	1.14	0.40

<sup>†</sup>Valores con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales. DMSH= diferencia mínima significativa honesta de Tukey (0.05); PGL= porcentaje de germinación en laboratorio; PPAL= porcentaje de plántulas anormales en laboratorio; PSSGL= porcentaje de semillas no germinadas y semillas duras; VE= velocidad de emergencia (plántulas emergidas por día); PGA= porcentaje de germinación en la prueba de vigor; PPAA= porcentaje de plántulas anormales en prueba de vigor; PVI= porcentaje de viabilidad en prueba de vigor; LP= longitud de plántula; PSA= peso seco de la parte aérea.

© Pérez, J., Mejía, J., Zamora, M., Solano, S., Hernández, A., *Revista Ciencia desde el Occidente*, Vol. 2, Núm. 2, 2015

El porcentaje de germinación en la prueba de vigor (PGA) fue significativamente diferente entre genotipos y entre fechas de siembra (Tabla 5). En promedio de las cinco fechas de siembra, la línea M-10542 tuvo el mejor comportamiento en PGA (Tabla 7). El PGA supero el 90% en todas las fechas de siembra, con excepción de la FS2, en donde el PGA fue inferior a 85% en todos los genotipos (Figura 2). En promedio de fechas de siembra, el mayor PGA se presentó en la FS3 (Tabla 6). El PGA de cada genotipo varió dependiendo de las condiciones ambientales que ocurrieron durante el ciclo de cultivo, especialmente durante la etapa de formación de la semilla, como parte de la interacción genotipo x ambiente. Cuando las bajas temperaturas se presentaron en la etapa masosa del llenado de la semilla (FS2), a pesar de existir buenas condiciones de humedad en el suelo, las semillas de cebada cosechadas presentaron malformaciones durante su germinación, además, el porcentaje de germinación en la prueba de vigor fue inferior a 85 % (Figura 2). Por otra parte, cuando las bajas temperaturas se suscitaron en la fase acuosa-lechosa (FS3) o espigamiento (FS4), cesó el desarrollo de la semilla, debido a la muerte del embrión, quedando solo la cubierta de la semilla, que fue eliminada durante la trilla, por tanto las semillas restantes cosechadas no presentaron daños.

En porcentaje de plántulas anormales en la prueba de vigor (PPAA) hubo diferencias significativas entre fechas de siembra (Tabla 5). El mayor PPAA se presentó en la FS2 con valor superior a 18 %, mientras que en las demás fechas de siembra fue inferior a 7 % (Tabla 6); en donde la línea M-10542 tuvo en promedio el menor porcentaje de plántulas anormales (Tabla 7).

El porcentaje de viabilidad en la prueba de vigor (VI) fue significativamente diferente entre genotipos y entre fechas de siembra (Tabla 5). Los genotipos mostraron más de 90 % de viabilidad a través de fechas de siembra, con excepción de la FS2, en la cual solo Armida y M-10542 tuvieron valores superiores a 90 %. En promedio de fechas de siembra, la línea M-10542 presentó el valor más alto en PVI (Tabla 7). El mayor PVI correspondió a las FS4 y FS5 con valores superiores a 97% (Tabla 7). El PVI de las semillas estuvo influenciado por las condiciones ambientales que ocurrieron especialmente durante la formación de la semilla, lo cual de algún modo afectó la viabilidad de la semilla, si bien la respuesta fue diferente entre genotipos.

En velocidad de emergencia (VE) hubo diferencias significativas entre genotipos y entre fechas de siembra (Tabla 5). Para esta variable hubo un comportamiento distinto de los genotipos a través de fechas de siembra, posiblemente debido a la fluctuación de temperaturas que

afecto el vigor de la semilla. La línea M-174 mostró el valor más alto en VE en promedio de fechas de siembra (Tabla 7). La mayoría de los genotipos mostró mayor VE en la FS3 y FS4 (Tabla 6). Se observó que el daño por temperaturas bajas en la FS2 disminuyó drásticamente la VE en todos los genotipos, al compararse con las demás fechas de siembra (Cuadro 6).

En longitud de plántula (LP) hubo diferencias significativas entre genotipos (Tabla 5). Esmeralda presentó el valor mayor promedio de fechas de siembra entre fechas de siembra (Tabla 7). La LP presentó un comportamiento distinto entre genotipos a través de fechas de siembra, pero a diferencia de las demás variables fisiológicas, no hubo un efecto drástico en la reducción de esta variable en las plántulas provenientes de la FS2, en relación a las demás fechas de siembra, como efecto del daño por temperaturas bajas.

En las FS3 y FS4 se obtuvo en promedio de genotipos el mejor comportamiento; asimismo, se observó que en la FS5 disminuyó considerablemente la LP (Tabla 6).

En peso seco de la parte aérea (PSA) hubo significancia entre genotipos y entre fechas de siembra (Tabla 5). El comportamiento de los genotipos a través de fechas de siembra fue similar; la línea M-176 presentó el valor más alto en promedio de fechas de siembra (Tabla 7). Las FS1, FS2 y FS3 presentaron valores superiores a las FS4 y FS5 (Tabla 6).

## DISCUSIÓN

### Características agronómicas

La disminución de días para alcanzar las etapas de embuche, espigamiento y madurez fisiológica a medida que se postergo la fecha de siembra, se atribuye a que el desarrollo fenológico de los cereales de grano pequeño está controlado en gran medida por la temperatura (Olesen et al., 2012).

A menudo el principal efecto de las fechas de siembra son los días de madurez fisiológica, relacionado con el aumento de temperatura durante el periodo de crecimiento, principalmente durante el llenado de grano (O'Donovan et al., 2012).

Durante el desarrollo del cultivo de cebada, el umbral mínimo y máximo de temperaturas debería oscilar de 5 a 25 °C respectivamente, con un óptimo de 18°C (Ruiz et al., 1999). Durante el ciclo de cultivo hubo temperaturas por debajo del umbral mínimo durante la etapa vegetativa, mientras que en la etapa de llenado de grano la incidencia fue menor; además, en esta etapa la temperatura mínima

y máxima aumentó considerablemente durante el llenado de grano en las siembras tardías, consecuentemente disminuyó el ciclo de cultivo.

### Calidad física de la semilla

La calidad física de la semilla fue afectada por las condiciones climáticas particulares de cada fecha de siembra. Generalmente, un periodo prolongado del ciclo vegetativo y llenado de grano permiten mayor acumulación de asimilados en el grano, que resulta en granos de mejor calidad (García del Moral et al., 2003); esto concuerda con los resultados encontrados, en donde en la FS1 y FS3 hubo mayor PHL como resultado de un ciclo de cultivo más prolongado, mientras que en las FS4 y FS5 el ciclo de cultivo fue más corto y dicho parámetro disminuyó.

La drástica disminución del PHL en la FS2 y FS5 se relaciona a dos factores; la FS2 fue la más afectada por las temperaturas bajas, en este sentido, bajo condiciones de estrés por frío se reduce la tasa y duración del llenado de grano, reduciendo la acumulación de reservas del grano (Thakur et al., 2010); mientras que en la FS5 el aumento drástico de la temperatura durante el llenado de grano afectó este parámetro, debido a que bajo condiciones de estrés por calor las plantas limitan los fotosintatos disponibles para el desarrollo del grano (Wahid et al., 2007).

Duguid y Brulé-Babel (1994) mencionan que el peso final de la semilla es de las variables más importante para determinar diferencias entre genotipos durante el llenado de semilla, mientras que la tasa y duración del llenado de semilla también son importantes en algunos ambientes. Motzo et al. (1996) mencionan que un mayor peso individual del grano resulta de una tasa de llenado de grano más acelerada; o bien de un periodo de llenado de grano más largo (Olesen et al., 2012). En siembras tempranas el PMS fue mayor posiblemente porque el ciclo de cultivo fue más largo, mientras que en siembras tardías este parámetro disminuyó.

En el caso del trigo cultivado en El Bajío, las siembras realizadas en diciembre permiten obtener semillas de mejor calidad, mientras que en las siembras posteriores a este mes ocurre un efecto inverso en la calidad de la semilla (Suaste-Franco et al., 2013). Balla et al. (2009) mencionan que al acelerarse el desarrollo del cultivo se acumula menor cantidad de biomasa y en consecuencia disminuye el peso de grano.

Asimismo, cabe destacar que las variedades Alina y Armida a pesar de tener un ciclo de cultivo relativamente precoz, parecen tener buena tasa de llenado de grano, como lo mostró su peso final de semilla.

## Calidad fisiológica de la semilla

La variabilidad en la calidad fisiológica de las semillas a través de fechas de siembra se atribuyó principalmente al estrés por frío y por calor. En el primer caso, Thakur et al. (2010) mencionan que el estrés por frío puede causar anomalías estructurales y funcionales en la semilla; en base a esto, durante la evaluación de vigor de la semilla, se observó el daño ocasionado por las temperaturas bajas durante el desarrollo de la semilla, expresándose en anomalías en las plántulas germinadas. El segundo caso se relaciona con la disminución de la calidad física de la semilla a causa del estrés por calor; generalmente las semillas con mayor tamaño y peso presentan plántulas con mayor biomasa y longitud de plántulas, en comparación a semillas más pequeñas o de menor peso (Farahani et al., 2011).

El vigor es de los aspectos más importantes en la calidad de la semilla, el cual es esencial durante la emergencia y establecimiento de plántulas en campo, y que se relaciona con el potencial de rendimiento de cebada (Rajala et al., 2011). Sin embargo, el vigor de la semilla, como lo indica la producción de plántulas normales, emergencia de plántulas, el peso de plántula y otras variables más, se reduce en semillas provenientes de plantas desarrolladas bajo condiciones de estrés (Hasan et al., 2013). Es importante considerar que el comportamiento en velocidad de germinación, porcentaje de germinación, velocidad de crecimiento, longitud y peso seco de plántula, está influenciado en gran medida por los cultivares (Gharoobi, 2011). Otros factores que inducen variación en el nivel de vigor son la nutrición de la planta madre, estado de madurez a la cosecha, tamaño de semilla e integridad mecánica (Copeland y McDonald, 1995).

En relación con los resultados obtenidos en este estudio, la mayor calidad física y fisiológica de las semillas correspondió a las provenientes de la siembra realizada el

15 de diciembre (FS3). Aun así, no habría que descartar la posibilidad de que los resultados hayan sido influenciados por la presencia de las temperaturas bajas. También se observó que en la siembra del 15 de enero (FS5), las semillas cosechadas presentaron un grado menor de calidad, a pesar de que presentaron buenas características de germinación y viabilidad; el PHL, PMS y LP disminuyó de manera considerable, por lo tanto, sería conveniente evitar sembrar en este periodo, para que las plantas no se desarrollen bajo condiciones de estrés, principalmente debido al aumento de temperatura, en detrimento de la disminución de la calidad de las semillas. Otro inconveniente de retrasar la fecha de siembra, es que los intervalos de riego deben modificarse, debido a que la humedad disponible en el suelo se agota rápidamente, por lo que se requiere de la aplicación de riegos adicionales con mayor frecuencia para evitar que disminuya la calidad de las semillas.

## CONCLUSIONES

El retraso de la fecha de siembra redujo el ciclo fenológico del cultivo. El comportamiento en la calidad física del grano a través de fechas de siembra difirió entre genotipos, siendo las variedades Armida y Alina las que presentaron mejor calidad física de semilla. La línea M-10542 presentó el mejor comportamiento en germinación y vigor de la semilla. La calidad física y fisiológica de semilla fue mayor en la siembra realizada el 15 de diciembre. La presencia de temperaturas bajas afectó en diferente grado de severidad el cultivo, en donde la etapa masosa del llenado de la semilla fue la más susceptible a la pérdida de vigor de las semillas. El aumento de temperatura durante el llenado de la semilla disminuyó la calidad física de las semillas debido al acortamiento del ciclo de cultivo y el aumento del déficit hídrico.

## REFERENCIAS

- Balla, K., I. Karsai, and O. Veisz. (2009). Analysis of the quality of wheat varieties at extremely high temperatures. *Cereal Research Communications*, 37: 13-16.
- Copeland, L., O., and M. McDonald B. (1995). Principles of seed science and technology. 3a. ed. Chapman and Hall. New York. United States 488 p.
- Duguid, S.D., and A. L. Brulé-Babel. (1994). Rate and duration of grain filling in five spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 74: 681-686.
- Ellis, R.H. (1992). Seed and seedling vigor in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Regulation*, 11: 249-255.
- Farahani, H.A., P. Moaven, and M. Kasra. (2011). Effect of seed size on seedling production in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Advances in Environmental Biology*, 5(7): 1711-1715.
- García del Moral L.F., Y. Rharrabti, D. Villegas, and C. Royo. (2003). Evaluation of grain yield and its components in Durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. *Agronomy Journal*, 95: 266-274.
- Gharoobi, B. (2011). Effects of seed size on seedling characteristics of five barley cultivars. *Iranian Journal of Plant Physiology* 1 (4): 265-270.
- Hasan, Md., A., J. Ahmed U., T. Hossain, A. Khaleque Mian Md., and M. Haque Md. (2013). Evaluation of the physiological quality of wheat seed as influenced by high parent plant growth temperature. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 16(1): 69-74.
- International Seed Testing Association. (2005). International Rules for Seed Testing. Rules of the International Seed Testing Association (ISTA). Editions, Zurich, Switzerland. 243 p.
- Motzo, R., F. Giunta, and M. Deidda. (1996). Relationships between grain-filling parameters, fertility, earliness and grain protein of durum wheat in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 47: 129-142.
- O'Donovan, J. T., T. K. Turkington, M. J. Edney, P. E. Juskiw, R. H. McKenzie, K. N. Harker, G. W. Clayton, G. P. Lafond, C. A. Grant, S. Brandt, E. N. Johnson, W. E. May, and E. Smith. (2012). Effect of seedling date and seedling rate on malting barley production in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 92: 321-330.
- Olesen, J.E., C. D. Borgeesen, L. Elsgaard, T. Palosuo, R. P. Rotter, A. O. Skjelvag, P. Peltonen-Sainio, T. Börjesson, M. Trnka, F. Ewert, S. Siebert, N. Brisson, J. Eitzinger, E. D. van Asselt, M. Oberforster, and H. J. van der Fels-Klerx. (2012). Changes in time of sowing, flowering and maturity of cereals in Europe under climate change. *Food Additives and Contaminants: Part A*, 29(10): 1527-1542.
- Rajala, A., M. Niskanen, M. Isoaho, and P. Peltonen-Sainio. (2011). Seed quality effects on seedling emergence, plant stand establishment and grain yield in two-row barley. *Agricultural and Food Science*, 20: 228-234.
- Ruiz, C., J.A., G. Medina G., A. González I.J., T. Ortiz C., L. López H.E., P. Martínez R.A., y K.F. Byerly M. (1999). Requerimientos agroecológicos de cultivos. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Libro técnico No. 3. Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.
- SAS. (2009). Statistical Analysis System. Release 9.1 for Windows. SAS institute, Inc. Cary, North Carolina, United States.
- Secretaría de Economía. (2003). Norma Mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereal-cebada maltera (*Hordeum vulgare* L. y *Hordeum distichum* L.). Especificaciones y métodos de prueba. 31 p.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2013). Cierre de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx>, consultado el 07 de noviembre de 2014.
- Solano, H., S., M. Zamora D., F.P. Gámez V., J.J. García R., R. Sánchez C., J. Ireta M., F. Díaz E., y R. Garza G. (2009). Alina, nueva variedad de cebada maltera para riego en El Bajío. *Agricultura Técnica en México*, 35 (4): 467-469.
- Suaste-Franco, M.P., E. Solís-Moya, L. Ledesma-Ramírez, M.L. de la Cruz-González, O.A. Grageda-Cabrera, y A. Báez-Pérez. (2013). Efecto de la densidad y método de siembra en el rendimiento de grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) en El Bajío, México. *Agrociencia*, 47: 159-170.
- Thakur, P., S. Kumar, J.A. Malik, J.D. Berger, and H. Nayyar. (2010). Cold stress effects on reproductive development in grain crops: An overview. *Environmental and Experimental Botany*, 67: 429-443.
- Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, and M.R. Foolad. (2007). Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61: 199-223.
- Zamora, D., M., S. Solano H., R. Gómez M., I. Rojas M., J. Ireta M., R. Garza G., y C. Ortiz T. (2008). Adabella: variedad de cebada maltera para valles altos de la mesa central de México. *Agricultura Técnica en México*, 34(4): 491-493.
- Zamora, D., M., S. Solano H., R. Garza G., J. Islas G., R. Huerta Z. y M. López C. (2010). Armida, nueva variedad de cebada maltera para riego en El Bajío. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(5): 723-726.