

ÉPOCAS DE COSECHA, PRODUCTIVIDAD Y TAMAÑO DE SEMILLA CON RELACIÓN AL VIGOR DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ*

EFFECT OF HARVESTING DATES, PRODUCTIVITY AND SEED SIZE ON TWO MAIZE HYBRIDS SEED VIGOUR

Alejandro Espinosa-Calderón^{1§}, Margarita Tadeo-Robledo², Luisa Elena Tinoco-González², Rafael Martínez Mendoza², Cosme Tellez², Isaías González-Rojo², Roberto Valdivia Bernal³, Filiberto Caballero-Hernández⁴, Mauro Sierra-Macías⁵, Noel Gómez Montiel⁶, Artemio Palafox Caballero⁵ y Benjamín Zamudio González⁷

¹Programa de Maíz, Campo Experimental Valle de México, INIFAP, km 18.5, carretera México - Lechería, C. P. 56230, Texcoco, Estado de México. Tel. 01 595 9542877 Ext. 119. ²Ingeniería Agrícola, FES- Cuautitlán, UNAM, carretera Cuautitlán - Teoloyucán, km 2.5, Cuautitlán Izcalli, México. C. P. 54714, Tel. 01 55 56231971, (tadeorobledo@yahoo.com). ³Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela km 9, C. P. 63780; Xalisco, Nayarit; Tel. 01 311 2110128, (rvb_uan@hotmail.com). ⁴Campo Experimental Valle de Apatzingan, INIFAP, km 17.5, carretera Apatzingan-4 Caminos, C. P. 60600, Apatzingan, Michoacan, Tel. 01 425 5925140, (filicabah@hotmail.com). ⁵Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP, km 34 carretera Veracruz-Cordoba, Tel. 01 229 9348354, (sierra.mauro@inifap.gob.mx), (palafox.artemio@inifap.gob.mx). ⁶Campo Experimental Iguala, km 2.5, carretera Iguala-Tuxpan, Tel. 01 733 33210-56 Ext. 104, (gomez.noel@inifap.gob.mx). ⁷Campo Experimental Valle de Toluca, INIFAP, (bzamudiog@yahoo.com.mx). [§]Autor para correspondencia: espinoale@yahoo.com.mx.

RESUMEN

El vigor en plántulas es una característica de calidad importante en semillas, sobre todo cuando las condiciones de siembra y preparación del terreno no son óptimas. Los objetivos fueron determinar el efecto que propician cinco diferentes épocas de cosecha y dos tamaños de semilla, con relación al vigor de semilla de los híbridos de maíz de Valles Altos de México (2 200 a 2 600 m), Puma 1075 y Puma 1076, de ciclo y año de cosecha similar. La investigación constó de dos etapas; en la primera, en el ciclo primavera - verano 2004, se incrementó la semilla de ambos híbridos, se efectuaron cinco épocas de cosecha. La semilla se benefició y se conservó. En la segunda etapa, en la primavera - verano de 2006, se estableció un experimento para determinar el vigor de las diferentes muestras de semilla obtenidas de los híbridos, en el cual se estudiaron las diferencias en vigor por tamaño de semilla (chica y grande). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar y las variables evaluadas fueron: velocidad de emergencia, longitud de plúmula, longitud de radícula, peso fresco de plúmula, peso fresco de raíz, peso seco de plúmula y peso seco de raíz. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas

($p<0.01$) en la interacción de genotipo x tamaño de semilla en las variables de peso fresco de plúmula y peso fresco de raíz, no así en las demás variables. No se observaron diferencias significativas entre genotipos, tamaños de semilla, e interacciones, lo que pudiera deberse a que los dos híbridos tienen similitud al poseer un progenitor en común, otro factor podría deberse al hecho de que la profundidad de siembra utilizada, tipo de suelo y condición de humedad fueron favorables, por lo que no fueron suficientes para oponer un factor adverso, requisito necesario que debe utilizarse en las pruebas de vigor.

Palabras clave: *Zea mays* L., calidad y tamaño de semillas, época de cosecha, vigor.

ABSTRACT

Seedling vigor is an important trait for seed quality, particularly when sowing and soil bed preparation are not optimal. The aim of this research was to determine the effect

* Recibido: Mayo, 2008
Aceptado: Abril, 2009

of five harvest dates and two seed sizes on the seed vigor of two corn hybrids adapted to high valleys of Mexico (2 200 to 2 600 masl), Puma 1075 and Puma 1076, seed from similar growth cycle and year. The research consisted of two phases, the first was carried out during the spring-summer season in 2004, in which the hybrids seed was increased and where harvest took place at five different dates. The seed was benefited and stored. In the second phase, during the spring-summer of 2006 an experiment was conducted to determine the vigor of the different seed samples produced in 2004. The experiment was conducted under a completely randomized block design and data were taken for: rate of emergency, plumule length, longitude of radicle, fresh weight of plumule, fresh weight of root, dry weight of plumule and root dry weight. There were highly significant differences ($p<0.01$) in the interaction between genotype and seed size for the variables fresh weight of plumule and fresh weight of root, but no for other variables. For many traits no differences were observed between genotypes, size seed, as well as their interaction, which may be due to the fact that the two hybrids, have similarities since they have a parent in common. Another factor could be due to the fact that the depth of planting, soil type and moisture conditions utilized were favorable and therefore there was none adverse factor to elicit differences in seed vigor.

Key words: *Zea mays* L., harvest date, quality and size of seed, vigor.

INTRODUCCIÓN

En la producción de semillas es importante que la cosecha se lleve a cabo posterior a la madurez fisiológica, ya que en este punto, es donde se alcanza la máxima calidad fisiológica. A partir de la madurez fisiológica (Copeland y McDonald, 2001), la mejor época de cosecha depende de la disponibilidad de infraestructura para secado, entre más cercana este la cosecha de esta fecha, combinado con un buen secado se preserva la calidad. En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, en años anteriores se han desarrollado híbridos de maíz, para los Valles Altos de México (2 200 a 2 600 m), entre ellos Puma 1075 y Puma 1076 (Tadeo *et al.*, 2005a; Tadeo *et al.*, 2005b). El rendimiento potencial experimental de ambos es de 12.0 t ha^{-1} , en el Valle de México, Cuautitlán, Estado de México, Valle de Puebla, Tlaxcoapan y

Apan, Hidalgo, y en Tlaxcala, prosperan en condiciones de buen temporal o secano, en humedad residual y en punta de riego (Tadeo *et al.*, 2005a; Tadeo *et al.*, 2005b).

Además de la información de adaptación de híbridos de maíz en uso comercial, se requiere conocer la época de cosecha en el proceso de producción de semilla, así como la relación que guarda la época de cosecha con la expresión de vigor, por ello, se planeó un trabajo con estos aspectos. En la primera etapa, se evaluó la capacidad productiva de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076, en respuesta a cinco diferentes fechas de cosecha, desde 148 días hasta 174 días después de la siembra, con el objetivo de definir la mejor época de cosecha después de la siembra. En una segunda etapa se relacionó la época de cosecha con el vigor de la semilla cosechada, ya que el vigor es una característica relevante en siembras comerciales, contar con esta característica, en un buen nivel es importante para lograr un adecuado establecimiento de plantas, sobre todo en condiciones limitantes y aún en condiciones desfavorables, por ello, es importante definir los factores que intervienen en su expresión (Moreno *et al.*, 1998; Molina *et al.*, 2003; Mendoza *et al.*, 2004).

Se ha establecido por diversos autores, que la máxima calidad fisiológica de las semillas, medida por la germinación y vigor, coincide con la madurez fisiológica (Harrington, 1972, citado por Molina *et al.*, 2003), la madurez fisiológica, que se ubica cercana a 35% de humedad en la semilla (Copeland y McDonald, 2001).

En forma un tanto relacionada, el mayor vigor de la semilla, ocurre cuando la semilla se ubica en la madurez fisiológica, después de este punto, la expresión del vigor puede mantenerse en ese nivel alto, si existen las condiciones favorables para ello, en este sentido conviene establecer algunas definiciones. El concepto de "vigor" está referido a una respuesta en condiciones desfavorables. El vigor por si mismo puede representarse en términos de rapidez de crecimiento y tamaño alcanzado (Perry, 1981a; Perry, 1981b; Perry, 1983; Moreno *et al.*, 1998; Copeland y McDonald, 2001; Cervantes-Ortiz *et al.*, 2007). También se puede relacionar con la capacidad para desarrollar una planta vigorosa bajo condiciones desfavorables (Perry, 1983; Moreno *et al.*, 1998; Copeland y McDonald, 2001; Mendoza *et al.*, 2004; Tadeo y Espinosa, 2004). El vigor de semilla es un elemento que representa una mayor seguridad para el productor, además el vigor es heredable y

puede manejarse genéticamente. Existen varios conceptos para explicar el origen del vigor de la semilla dentro de los que destacan: 1) constitución genética, 2) desarrollo y nutrición de la planta madre, 3) etapa de madurez en la cosecha, 4) tamaño de semilla, 5) integridad mecánica, 6) envejecimiento, y 7) patógenos (ISTA, 1993 y 1995).

La diferencia en semillas con alto y bajo vigor se detectan sólo en fases iniciales de crecimiento y bajo condiciones adversas, pero no hay suficientes evidencias de que el efecto se conserve para su expresión en rendimiento (Cervantes-Ortiz *et al.*, 2007). El vigor de semillas, permite predecir el comportamiento de un lote de semillas cuando las condiciones del ambiente no son del todo favorables para germinación y emergencia. El vigor en plántulas es una característica deseable en todo tipo de semillas, sobre todo cuando las condiciones de siembra y preparación del terreno no son homogéneas o se presentan factores externos, como la compactación del terreno, falta de humedad, topografía accidentada, que afectan el crecimiento de la plántula (Sánchez, 2004). El vigor, la germinación y la viabilidad son parámetros de calidad de la semilla, que le dan un valor comercial. Es importante señalar que los factores que determinan la calidad son los genéticos, fisiológicos, sanitarios y físicos (Moreno, 1998).

Los objetivos en este trabajo fueron definir la productividad de semilla por efecto de cosecharse en cinco diferentes épocas en los híbridos de maíz denominados Puma 1075 y Puma 1076, así como determinar el efecto que propician cinco diferentes épocas de cosecha con relación al vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076, de un origen, ciclo y año de cosecha similar, después de alcanzar la madurez fisiológica.

El objetivo fue determinar la influencia y diferencias en vigor en dos tamaños de semilla (semilla chica y semilla grande) de los híbridos Puma 1075 y Puma 1076, así como definir el efecto en la interacción al utilizar semillas de diferentes épocas de cosecha y tamaños de semilla en la expresión del vigor en los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo primavera-verano 2004, en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES Cuautitlán-UNAM), se establecieron lotes de producción de semilla de los dos híbridos de maíz, la fecha de siembra fue el 24 de mayo de

2004 y a partir de esa fecha se establecieron como fechas de cosecha las siguientes: 19 de octubre, 25 de octubre, 8 de noviembre, 11 de noviembre, 15 de noviembre, es decir, a los 148 días, 154 días, 167 días, 170 días y 174 días después de la siembra.

Para cada genotipo se estimó el porcentaje de materia seca, porcentaje de grano, peso hectolitro, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, así como el rendimiento. Despues de contar con la semilla de las diferentes épocas de cada híbrido, se llevó a cabo la evaluación del vigor, misma que se realizó en invernadero y en el laboratorio de producción y tecnología de semillas.

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC) se localiza a 30 km. Al Norte de la Ciudad de México, se encuentra delimitada por los paralelos 19° 39' - 19° 45' latitud Norte y los meridianos 99° 88' - 99° 14' longitud Oeste, a una altitud de 2 274 m. De acuerdo a la clasificación de Köpen adaptada a las condiciones de México por (García, 2004), el clima de Cuautitlán se clasifica como templado subhúmedo, el más seco de los templados sub-húmedos, con una temperatura media anual de 14.8 °C con un régimen de lluvia en verano y menos del 5% de lluvias en invierno, poca oscilación térmica y una precipitación anual de 609.2 mm.

Los híbridos de maíz Puma 1075 y 1076, poseen adaptación a Valles Altos (2 200 a 2 600 m), son híbridos muy similares en ciclo biológico al H-33, y de cinco a siete días más precoces que H-28 y VS-22. Su altura de planta y mazorca es de 245 - 153 cm y 248 - 161 cm, respectivamente. La floración masculina se presenta a los 85 días para Puma 1075 y a los 83 días para Puma 1076; la femenina a los 86 días y 84 días, y la madurez fisiológica se logra a los 158 días en Puma 1075 y a 156 días en Puma 1076 en sitios en altitudes alrededor de los 2 240 m. Las mazorcas de ambos son cónicas y constan de 16 hileras, con 16.3 cm y 16.0 cm para Puma 1075 y Puma 1076. Puma 1075 presenta cubrimiento de espiga por la hoja bandera en 50% de plantas en antesis; en cambio, en Puma 1076 la espiga está libre. En Puma 1075 la espiga es de forma semiabierta por el ángulo formado entre el eje principal y las ramas secundarias en el tercio inferior de la espiga, con ramas laterales; en Puma 1076 es abierta, con pocas ramas laterales y sin ramas secundarias. Ambos híbridos pueden cosecharse con maquinaria, ya que la uniformidad de sus plantas lo permite. También exhiben tolerancia al acame con respecto al híbrido comercial H-33 y menor incidencia de rayado fino (fine stripe virus, MRFV) y achaparramiento (corn stunt disease, CSD, raza Mesa Central), enfermedades

que en los últimos años se han incrementado en los Valles Altos. Los dos híbridos presentan pocos hijos con respecto al mismo testigo, el híbrido H-33 (Tadeo *et al.*, 2004).

El trabajo se inició haciendo una clasificación de la semilla según la época de cosecha, posteriormente se procedió a desgranar y separarla por tamaño, utilizando cribas, en el caso de la semilla chica, esta criba fue de menor tamaño de 7 mm, es decir, semilla que pasó por esa criba, en el caso de la semilla grande, fue la semilla que no pasó esa criba, siendo el tamaño de semilla mayor a 7 mm. Una vez clasificada por tamaño en chica y grande, se seleccionaron lotes de 25 semillas para su evaluación.

Antes de establecer la siembra se limpió la cama de residuos de la cosecha anterior, se removieron 15 cm. El suelo es de tipo franco arcilloso, el cual fue cernido fuera de la cama, la capa de suelo que quedó dentro de la cama fue removida, mullida y nivelada. Se utilizó una cama de 1.25 x 13 m aproximadamente. La siembra se estableció en suelo seco el día 1 de junio de 2006, de forma manual con una “plantilla”, colocando 25 semillas a lo ancho de la cama, con una separación de 5 cm entre semillas. A lo largo de la cama se sembraron 100 surcos con una distancia de 13 cm entre ellos. Una vez que se colocaron todas las semillas con la corona hacia arriba, se procedió a cubrir las semillas con una capa de tierra cernida de 10 cm de espesor.

El primer riego fue pesado y se aplicó después de la siembra, esto con la intención de que la humedad alcanzara a llegar al fondo de la cama, posteriormente se regó diariamente. La extracción de plantas se llevó a cabo a los 25 días después de la siembra. Para extraerlas se aflojó la tierra con la ayuda de una pala plana y se extrajo planta por planta, cuidando que no se dañara el sistema radicular, posteriormente fueron lavadas para remover la tierra adherida a la raíz y colocadas en sobres rotulados previamente, según el tratamiento correspondiente.

Después de terminar la extracción de las plantas, éstas fueron llevadas al laboratorio para medirlas y pesarlas e iniciar con el proceso de evaluación de las variables que se conformó de la siguiente manera:

La velocidad de emergencia (VE) se estimó con el conteo diario del número de plantas emergidas por surco, una vez que se inició la emergencia, ocurriendo a siete días después de la siembra. La VE se calculó mediante la siguiente expresión:

$$VE = (X_1)/1 + (X_2)/2 + (X_3)/3 + \dots + (X_{n-1})/n-1 + (X_n)/n$$

donde, X= número de plántulas emergidas por día, n= número de días después de la siembra, i= 1,2,3,...n-1,n.

Se eligieron cinco plántulas al azar por cada surco a las cuales se les midieron la longitud de raíz, desde la parte final hasta su inserción en la semilla, así como la longitud de plúmula.

El peso fresco de raíz y plúmula se obtuvieron haciendo un corte de la plántula a partir de la inserción, para separar raíz y plúmula con la ayuda de un bisturí, y posteriormente se pesaron en una balanza granataria, ese dato se obtuvo en gramos.

Para obtener el peso seco de raíz y plúmula fue necesario colocar las partes aéreas y raíces de cada tratamiento en bolsas de papel, posteriormente se secaron en una estufa Felisa a una temperatura de 70 °C durante 72 h. Una vez que se deshidrataron se procedió a pesar raíz y plúmula en una balanza granataria para obtener el peso en gramos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto al rendimiento, hubo diferencias altamente significativas ($p<0.01$) para épocas de cosecha, pero no para genotipos e interacción época de cosecha x genotipo; la media de rendimiento $6\ 707\ kg\ ha^{-1}$. Entre genotipos se encontraron diferencias altamente significativas ($p<0.01$) para las variables porcentaje de grano, granos por hilera, y por mazorca, así como significativas ($p<0.05$) para porcentaje de materia seca; en el caso de épocas de cosecha se detectaron diferencias ($p<0.01$) para las variables porcentaje de materia seca, así para porcentaje de grano, peso volumétrico ($p<0.05$). Para la interacción sólo hubo diferencia significativa ($p<0.05$) para el peso volumétrico (Cuadro 1).

Los híbridos mostraron un rendimiento medio similar, en el caso de Puma 1075 fue $6\ 981\ kg\ ha^{-1}$ y Puma 1076 produjo $6\ 432\ kg\ ha^{-1}$. En cuanto a épocas de cosecha, en promedio de los dos híbridos, el mayor rendimiento correspondió a la de 174 días ($8\ 818\ kg\ ha^{-1}$), es decir, la última cosecha, y fue estadísticamente similar al de las fechas de cosecha de los 170 y 167 días (Cuadro 2). El menor rendimiento correspondió a las cosechas a los 148 y 154 días ($5\ 028\ kg\ ha^{-1}$ y $5\ 431\ kg\ ha^{-1}$, respectivamente), cabe aclarar que aún en estas épocas de cosecha, la materia seca y la humedad definida en la

semilla indicaban que ya se encontraba la semilla en madurez fisiológica, pero por el contenido de humedad es necesario aumentar las precauciones para lograr un secado adecuado y conservar la calidad fisiológica alcanzada, en este caso los

rendimientos señalan similitud estadística lo que confirma que en la madurez fisiológica se ubica el nivel más alto de materia seca (Perry, 1981a; Perry, 1981b; Perry, 1983; Copeland y McDonald, 2001; Molina *et al.*, 2003).

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística obtenidos en la evaluación de épocas de cosecha en los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076. Primavera - verano, 2004.

Fuente de variación	G. L.	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Materia seca (%)	Grano (%)	Peso vol. (kg hl)	Longitud mazorca (cm)	Hilera mazorca	Granos hilera
Bloque	2	1205164	22.5	5.7	1023*	0.25	0.10	4.4
Genotipo	1	2259591	80.4*	104.5**	3.3	1.16	0.63	80.0**
Época	4	13991391**	1528.2**	27.9*	1121*	2.49	0.46	10.1
GenxÉpoca	4	706436	28.7	4.9	1228*	1.85	0.96	0.95
C.V. (%)		24.1	6.2	3.1	2.3	7.0	4.9	8.3
Media		6707	61.5	78.2	682	16.6	15.9	30

G. L.= grados de libertad; GenxEp= genotipos x épocas de cosecha; C. V.= coeficiente de variación.

Cuadro 2. Comparación de medias de variables evaluadas en los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 en promedio de cinco diferentes épocas de cosecha. Primavera - verano, 2004.

Variedad	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Materia seca (%)	Grano (%)	Peso vol. (kg hl)	Longitud mazorca (cm)	Hilera mazorca	Granos hilera
Puma 1075	6981	63.1 a	80.1 a	682	16.8	16.4 a	32 a
Puma 1076	6432	59.9 b	76.3 b	682	16.5	15.3 b	29 b
D. S. H. (0.05)	1240	2.9	1.9	12	0.9	0.6	2

G L= grados de libertad; GenxEp= genotipo x época de cosecha; C V= coeficiente de variación.

En el caso de las últimas tres épocas de cosecha (Cuadro 3), la respuesta similar se debe a que las épocas de cosecha fueron en estos casos cuando ya se había logrado la madurez fisiológica, además de relativamente cercanas, por lo cual,

probablemente no se afectó la calidad biológica de la semilla, como se ha señalado por diversos autores (Perry, 1981a y b; Perry, 1983; Copeland y McDonald, 2001; Harrington, 1972, citado por Molina *et al.*, 2003).

Cuadro 3. Comparación de medias de cinco épocas de cosecha en promedio de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076. Primavera - verano, 2004.

Época de Cosecha	Rend. (kg ha)	(%) Materia seca	(%) Grano	Peso vol.	Long. mazorca	Hileras/ mazorca	Granos/ hilera
19 oct.	5028 b ¹	40 c	74.6 b	668 b	16.9	16	30
25 oct.	5431 b	48 b	77.7 ab	670 b	17.7	16	31
8 nov.	6938 ab	70 a	79.3 a	691 ab	16.2	16	31
11 nov.	7318 ab	73 a	79.3 a	681 ab	16.0	16	28
15 nov.	8818 a	76 a	80.0 a	700 a	16.4	16	30
D. S. H. (0.05)	2823	6.7	4.3	28	2.0	1	4

¹Números con la misma literal dentro de una columna son estadísticamente similares.

En la comparación de medias para los híbridos Puma 1075 y Puma 1076, para los dos tamaños de semilla no se observaron diferencias para ninguna de las variables evaluadas, lo que podría tener su explicación en la similitud de los genotipos y sus características (Tadeo *et al.*, 2004). Aunado a que la profundidad de siembra, tipo de suelo y humedad del suelo disponible, fueron condiciones favorables, por lo que no ofrecieron condiciones adversas como se requiere para la expresión de vigor (ISTA, 1993 y 1995; Moreno *et al.*, 1998; Copeland y McDonald, 2001).

En el caso de los tamaños de semilla, así como época de cosecha, a excepción de peso seco de plúmula, donde si hubo diferencia altamente significativa, en ninguna de las otras variables mostraron diferencias

estadísticas, lo que podría deberse a que además de ser medios hermanos, el vigor híbrido, la profundidad, tipo de suelo y riegos aplicados, fueron condiciones favorables que permitieron la respuesta similar a cada uno de los tratamientos, es decir, que no se evaluaron bajo condiciones desfavorables para el establecimiento, como lo señalan diversos autores (Perry, 1981 a y b; Perry, 1983; McDonald y Copeland, 1997; Copeland y McDonald, 2001; Mendoza *et al.*, 2004).

En cuanto a la interacción genotipo x tamaño de semilla se detectaron diferencias altamente significativas ($p<0.01$) para las variables longitud de plúmula, peso fresco de plúmula, peso fresco de raíz y al 0.05 de probabilidad para la variable peso seco de plúmula (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas para características relacionadas con vigor en la semilla de dos híbridos de maíz (Puma 1075 y Puma 1076), en dos tamaños de semilla y cinco épocas de cosecha. Primavera - verano, 2006.

Factores de variación	Longitud plúmula	Longitud de radícula	Preso fresco de plúmula	Preso fresco de raíz	Peso seco de plúmula	Peso seco de radícula	Velocidad de emergencia
Genotipos	11.97	0.06	0.04	0.07	0.001	0.001	0.99
Tamaño de semilla	1.85	0.65	0.02	0.001	0.001	0.001	6.54
Época de cosecha	15.68	4.83	0.41	0.02	0.01**	0.001	1.05
Repeticiones	209.3 **	9.53	2.47 **	0.35 **	0.01 **	0.01 **	42.14 **
Genotipo x tamaño semilla	38.9 *	0.07	2.37 **	0.22 **	0.1 *	0.001	9.88
Genotipo x época cosecha.	11.5	8.39	0.37	0.01	0.001	0.001	6.24
Tamaño semilla x época cosecha	7.09	12.60	0.18	0.01	0.001	0.001	0.36
Genotipo x tamaño semilla x época	1.69	0.91	0.04	0.01	0.001	0.001	3.15
Cosecha							
C. V.	11.1	16.7	16.6	19.5	23.4	22.3	17.1
Media	26.4	15.3	2.5	0.8	0.2	0.1	12.8

Cuadro 5. Comparación de medias de diversas variables para dos híbridos de maíz considerando dos tamaños de semilla y cinco épocas de cosecha. Primavera - verano, 2006.

Variables	Puma 1075	Puma 1076	D. S. H. (0.05)
Longitud plúmula	26.78 a	26.09 a	1.2
Longitud de radícula	15.3 a	15.3 a	1.0
Preso fresco de plúmula	2.49 a	2.50 a	0.17
Preso fresco de radícula	0.84 a	0.79 a	0.06
Peso seco de plúmula	0.21 a	0.23 a	0.02
Peso seco de radícula	0.11 a	0.12 a	0.01
Velocidad de emergencia	12.8 a	12.6 a	0.86

Comparando las medias para las variables evaluadas para los híbridos de maíz, considerando la media del épicas de cosecha y tamaño de semilla, confirman que en todos los casos fueron similares estadísticamente, como se observa en el Cuadro 5, lo cual se pudo deber a que las condiciones para la prueba de vigor, en este caso fueron favorables a diferencia de las condiciones desfavorables que deberían presentarse para que se exprese el vigor (Perry, 1981a y b; Perry, 1983; Copeland y McDonald, 2001; Mendoza *et al.*, 2004).

Entre tamaños de semilla en ninguna variable se presentaron diferencias significativas (Cuadro 6), por lo que en la comparación de medias, sólo se presentó un grupo de significancia, esto significa que la semilla, aún cosechada en diferentes épocas, las diferencias en etapa de cosecha y los tamaños de semilla, no provocan diferencias como ocurre con otras pruebas de vigor (Perry, 1981a y b; Perry, 1983; Copeland y McDonald, 2001; Mendoza *et al.*, 2004).

Cuadro 6. Comparación de medias de diversas variables para tamaño de semilla, considerando la media de los dos híbridos de maíz y cinco épocas de cosecha. Primavera - verano, 2006.

Variables	Tamaño de semilla grande (I)	Tamaño de semilla chica (II)	D. S. H. (0.05)
Longitud plúmula	26.5 a	26.3 a	1.2
Longitud de radícula	15.4 a	15.2 a	1.0
Preso fresco de plúmula	2.5 a	2.5 a	0.2
Preso fresco de radícula	0.8 a	0.8 a	0.1
Peso seco de plúmula	0.2 a	0.2 a	0.1
Peso seco de radícula	0.1 a	0.1 a	0.1
Velocidad de emergencia	13.0 a	12.5 a	0.8

En lo que se refiere a la época de cosecha, en la comparación de medias se detectaron diferencias en la variable peso fresco de plúmula habiéndose obtenido una media de 2.33 g para el caso de la 1^a fecha, lo que fue la menor expresión. En cambio se definieron 2.73 g para el caso de la fecha 4, que fue la mayor expresión y diferencia (Cuadro 7).

Cuando se compararon las medias para la interacción de dos genotipos y dos tamaños de semilla, se confirma lo que muestra el análisis de

varianza al no observarse diferencias entre ninguna de las variables (Cuadro 8). Lo anterior, probablemente se debe a que la humedad tipo de suelo y profundidad de siembra, fueron favorables, lo que ocurriría así, al utilizarse cualquiera de los tamaños de semilla de los híbridos PUMA 1075 y PUMA 1076, lo anterior en podríaser positivo en el uso comercial de estos híbridos (Tadeo *et al.*, 2004), ya que se podría usar sin complicaciones semilla de cualquiera de sus tamaños, en condiciones de riego o punta de riego.

Cuadro 7. Comparación de medias de diversas variables para cinco épocas de cosecha, considerando la media de los dos híbridos y los dos tamaños de semilla. Primavera - verano, 2006.

Variables	Época de cosecha					D. S. H. (0.05)
	1	2	3	4	5	
Longitud plúmula	25.8 a	26.6 a	26.5 a	27.7 a	25.4 a	2.6
Longitud de radícula	14.86 a	14.85 a	16.03 a	15.40 a	15.46 a	2.3
Preso fresco de plúmula	2.33 b	2.53 ab	2.54 ab	2.73 a	2.45 a	0.4
Preso fresco de radícula	0.78 a	0.81 a	0.79 a	0.85 a	0.86 a	0.14
Peso seco de plúmula	0.22 a	0.23 a	0.23 a	0.24 a	0.21 a	0.04
Peso seco de radícula	0.10 a	0.11 a	0.10 a	0.11 a	0.12 a	0.1
Velocidad de emergencia	12.6 a	12.5 a	12.8 a	12.9 a	13.0 a	1.9

Cuadro 8. Comparación de medias de diversas variables para dos híbridos de maíz y dos tamaños de semilla. Primavera - verano, 2006.

Genotipo	Tamaño semilla	Longitud Plúmula	Longitud radícula	Preso fresco plúmula	Preso fresco radícula	Peso seco plúmula	Peso seco radícula	Velocidad emergencia
Puma 1075	Grande	27.5	15.5	2.7	0.9	0.2	0.1	13.4
Puma 1075	Chica	26.0	15.2	2.3	0.8	0.2	0.1	12.3
Puma 1076	Grande	25.6	15.4	2.4	0.7	0.2	0.1	12.6
Puma 1076	Chica	26.6	15.2	2.7	0.8	0.2	0.1	12.7

En la interacción referente al tamaño de semilla y época de cosecha no se registran diferencias que resulten significativas entre las variables evaluadas, lo que significa que no es determinante la época de cosecha, para el mejor vigor de la semilla y que contrario a lo que se menciona, el tamaño de la semilla tampoco, lo que se debe a que la condición necesaria para una prueba de vigor

no se reunió en este trabajo, ya que fue rebasado por los tratamientos y materiales (Cuadro 8). Cuando se realizó la comparación de medias de las interacciones de dos genotipos, dos tamaños de semilla y cinco épocas de cosecha no hubo diferencia para las variables evaluadas, lo que demuestra que ambos híbridos son muy similares e igualmente vigorosos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación de medias de diversas variables considerando la media de los híbridos de maíz PUMA 1075 y PUMA 1076 con relación a la época de cosecha. Primavera - verano, 2006.

Genotipo	Época de cosecha	Longitud plúmula	Longitud radícula	Preso fresco plúmula	Preso fresco radícula	Peso seco plúmula	Peso seco radícula	Velocidad emergencia
Puma 1075	1	25.6	15.0	2.3	0.8	0.2	0.1	12.1
Puma 1075	2	28.1	15.1	2.7	0.8	0.2	0.1	13.2
Puma 1075	3	26.4	16.0	2.3	0.8	0.2	0.1	13.3
Puma 1075	4	28.6	16.2	2.7	0.9	0.2	0.1	12.4
Puma 1075	5	25.2	14.5	2.4	0.7	0.2	0.1	13.2
Puma 1076	1	26.1	14.7	2.3	0.7	0.2	0.1	13.0
Puma 1076	2	25.3	14.6	2.3	0.8	0.2	0.1	11.8
Puma 1076	3	26.6	16.1	2.7	0.2	0.2	0.1	12.2
Puma 1076	4	26.9	14.6	2.8	0.8	0.2	0.1	13.4
Puma 1076	5	25.7	16.5	2.5	0.8	0.2	0.1	12.9

Los resultados obtenidos confirman lo que señalan diversos autores en el sentido de que la expresión del vigor, es una respuesta del genotipo y la condición de la semilla ante alguna condición adversa en el proceso de germinación y hasta el establecimiento de la planta (emergencia). Al no existir este tipo de condiciones, la respuesta fue similar entre genotipos y tamaños de semilla.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IN205908) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para la realización de la presente investigación.

CONCLUSIONES

El mayor rendimiento se obtuvo cuando se cosecho a los híbridos Puma 1075 y Puma 1076, entre 167 y 174 días (8 818 kg ha⁻¹ y 7 318 kg ha⁻¹) después de la siembra. La diferencia significativa en las medias para épocas de cosecha, indica que para ambos híbridos, la época de cosecha es importante y señala la conveniencia de cosechar oportunamente.

No se observaron diferencias significativas en los factores de variación genotipos, tamaños de semilla, así como en las interacciones, lo que se debe a que los dos híbridos de maíz son similares al poseer un progenitor común; otro factor podría deberse al hecho de que la profundidad de siembra utilizada, tipo de suelo y condición de humedad fueron favorables, por lo que no fueron suficientes para oponer un factor adverso, requisito necesario que debe utilizarse en las pruebas de vigor.

En las condiciones en las que se condujo el ensayo de vigor, los dos tamaños de semilla evaluados no afectaron la expresión de características relacionadas con éste.

LITERATURA CITADA

- Cervantes-Ortiz, F.; García-De los Santos, G.; Carballo-Carballo, A.; Bergvinson, D.; Crossa, J. L.; Mendoza-E, M. y Moreno, M. E. 2007. Herencia del vigor de plántula y su relación con caracteres de planta adulta en líneas endogámicas de maíz tropical. *Agrociencia*. 41:425-433.
- Copeland, L. O. and McDonald, M. B. 2001. *Principles of seed science and technology*. 4 ed. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota, USA. p. 121-144.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5^a. Ed. Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 90p.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1993. *International rules for seed testing 1993*. Seed Sci. and Thecnol. 21, Supplement. 288 p
- International Seed Testing Association (ISTA). 1995. *Understanding seed vigour*. Prepared by the ISTA vigour test committe. Zurich, Switzerland. Sp.
- Mendoza, E. M.; Latournerie, L.; Moreno, M. E.; Castañon, G.; Carrillo, J. C.; León, C. D. y García, J. G. 2004. Cambios en la calidad de la semilla de maíz durante su desarrollo y maduración. *Agron. Mesoamer.* 15(2):155-160.
- Moreno, M. E.; Vázquez, B. M.; Rivera, R. A.; Navarrete, M. R. y Esquivel, V. F. 1998. Effect of seed shape and size on germination of corn (*Zea mays* L.) stored under adverse conditions. *Seed Sce. Technol.* 26: 439-448.
- Molina, M. J. C.; González, H. V.A.; Livera, M. M.; Castillo, G. F. y Ortega, D. M. L. 2003. Cambios en la calidad fisiológica y su asociación con la madurez de la semilla de maíz durante su formación. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(4):271-277.
- Perry, D. A. 1981a. Introduction. In: *handbook of vigour test methods*. Perry, D. A. (ed.) International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. p. 8-9.
- Perry, D. A. 1981b. Methodology and application of vigour test. In: *Handbook of vigour test methods*. Perry, D. A. (ed.) International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. p. 3-7.
- Perry, D. A. 1981c. Seedling growth and seedling evaluation tests. In: *Handbook of vigour test methods*. Perry, D. A. (ed.) International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. p. 10-20.
- Perry, D. A. 1983. The concept of seed vigor and its relevance to seed production techniques. In: *seed production* Hebblewait. P. D. Butterworth publishers.
- Sánchez, C. J. 2004. Velocidad de emergencia y acumulación de materia seca en híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en dos sustratos. Tesis de Licenciatura. FES-Cuautitlán. UNAM. México, D. F.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Martínez, M. R.; Srinivasan, G.; Beck, D.; Lothrop, J.; Torres, J. L. y Azpiroz, R. S. 2004. Puma 1075 y Puma 1076 híbridos de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2200 a 2600 m). *Rev. Fitotec. Mex.* 27(2):211-212.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Martínez, M. R. y Solano, A. M. 2005a. Puma 1076 híbrido de maíz para los Valles Altos de México (2200 a 2600 m). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, México, D. F. p. 3. (Desplegable Técnica Núm. 3).
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Martínez, M. M. y Solano, A. M. 2005b. Puma 1075 híbrido de maíz para los Valles Altos de México (2200 a 2600 m). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, México, D. F. p. 3. (Desplegable Técnica Núm. 1).