

## LA POSICIÓN DE LA SEMILLA EN LA MAZORCA Y EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE MAÍZ

Tania Pozos-Pérez\*, Patricia Sevilla-García, Gloria María Solares-Díaz, María  
Elena Quintana-Sierra

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM*

[\\*taniapozosperez@comunidad.unam.mx](mailto:*taniapozosperez@comunidad.unam.mx)

### Resumen

En la agricultura tradicional mexicana, el tamaño de la semilla de maíz es una característica relevante en la selección de progenitores para el siguiente ciclo de cultivo, criterio que ha sido compartido por generaciones y sigue persistiendo, en su mayoría las semillas del tercio central de la mazorca son preferidas por su uniformidad y tamaño. En este trabajo se evaluó el efecto de la posición de la semilla en la mazorca sobre el desarrollo de plántulas de maíz de variedades criollas. Se realizaron tres experimentos, cada uno considerando una variedad: E1-maíz blanco del Estado de México, E2-maíz amarillo de Hidalgo y E3-maíz amarillo de Oaxaca. Cada experimento consistió en tres tratamientos correspondientes a cada tercio de la mazorca (basal, medio y superior) con 20 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: concentración de almidón y proteínas en semillas, días de a emergencia, altura de plántula, tasa de conversión de raíz y vástago, tasa de conversión total, biomasa de raíz y vástago, entre otras. Los resultados mostraron diferencias significativas en concentración de proteínas, días a emergencia, peso fresco y seco de raíz, tasa de conversión de vástago y tasa de conversión total. Por otro lado, las asociaciones entre las variables analizadas fueron significativas como: peso seco de vástago vs peso seco de raíz y peso seco de vástago vs altura. Se concluye que, de acuerdo con la variedad, los compuestos de reserva de la semilla se aprovechan para la producción de

biomasa de acuerdo con la posición de la semilla en la mazorca. Sin embargo, para otras variedades, la posición de la semilla no es un factor que afecte el desarrollo y vigor de plántula bajo condiciones favorables, sino que el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo-ambiente determinan estas características.

**Palabras clave:** *Zea mays*, tasa de conversión, vigor de plántula, biomasa

## Introducción

Domesticado en Mesoamérica hace más de nueve mil años, el maíz es actualmente el principal grano consumido en el mundo con una producción mundial anual promedio de 1200 millones de toneladas métrica (Bolsa de Valores de Chicago, 2021). En México, es un símbolo de identidad nacional y base de nuestra alimentación; tan solo en 2020, este cultivo fue el más importante por superficie sembrada con poco más de siete millones de hectáreas (SIAP, 2021). En el mejoramiento genético de este grano, el tamaño de la semilla ha sido una característica de gran relevancia para la selección de las mejores variedades, donde generalmente se han preferido los tamaños más grandes (Magdaleno et al., 2016). Pero las semillas más grandes no son estrictamente las más eficientes en la conversión de reservas (Milla y Matesanz, 2017 cfr Vargas *et al.*, 2020). El vigor involucra la capacidad de biosintetizar moléculas elementales como proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos, así como movilizar las sustancias de reserva (AOSA, 1983 cfr Alizaga *et al.*, 1992). Sin embargo, en la literatura no se reporta una definición para “vigor de plántula” aunque diversos autores mencionan que es una fuente de información importante al ser una característica agronómica que permite observar el establecimiento del cultivo (Menard *et al.*, 2021). Para el caso específico de maíz, la medición de características como longitud de plántula (longitud de raíz y tallo), peso seco y porcentaje de germinación, han sido aceptadas para estimar el vigor en plántula (de la Torre, 2012; Abdul-Baki y

Anderson, 1973 cfr Ittroutwar *et al.*, 2020; Arnott, 2021). A partir de lo anterior, se propone la siguiente definición: el vigor de plántula es la capacidad de metabolizar las sustancias de reserva que se encuentran en las semillas para promover el crecimiento y desarrollo de las principales estructuras de la plántula, asegurando su supervivencia hasta que esta pueda convertirse en un organismo autótrofo (AOSA, 1983 cfr Alizaga *et al.*, 1992; de la Torre, 2012; Abdul-Baki y Anderson, 1973 cfr Ittroutwar *et al.*, 2020; Arnott, 2021; Menard *et al.*, 2021). Otra forma de evaluar el desarrollo en plántulas y la utilización de sus reservas presentes en la semilla es a través de la tasa de conversión (Min *et al.*, 2022) que puede dividirse de tres formas como: la tasa de conversión total (TCT) (peso seco de vástago entre el peso seco de raíz), la tasa de conversión de vástago (TCV) (peso seco de vástago entre el peso seco de semilla) y la tasa de conversión de raíz (TCR) (peso seco de raíz entre el peso seco de semilla).

## Objetivo

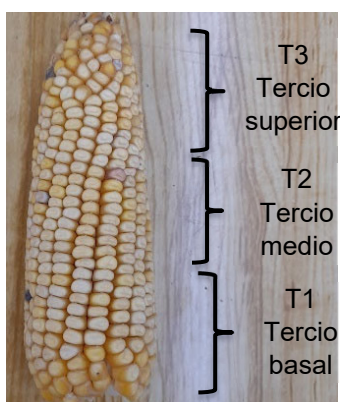
Determinar el efecto de la posición de la semilla en la mazorca sobre el desarrollo de plántula de maíz (*Zea mays* L.).

## Materiales y métodos

Los experimentos se establecieron en el laboratorio L-102 de Técnicas de Mejoramiento Genético de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC, UNAM), Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizaron 3 variedades criollas de maíz: maíz blanco colectada en el Estado de México (E1), maíz amarillo de Tula, Hidalgo (E2) y una variedad criolla de la región del Papaloapan, Oaxaca (E3). Cada

variedad se consideró un experimento. Las mazorcas se dividieron en tercios (Figura 1), cada uno de ellos representó un tratamiento para cada experimento. El diseño experimental fue completamente al azar con 20 repeticiones. En cada experimento (E1, E2 y E3) se sembraron las semillas de cada variedad y de cada tamaño en bolsas de plástico de 5 l. Las mediciones realizadas en plántula se tomaron en cuanto habían desarrollado la primera hoja. Las variables consideradas fueron: prueba de viabilidad, concentración de almidón en semilla, concentración de proteínas en semilla, días a emergencia, altura de plántula, longitud de la primera hoja, longitud de raíz, peso fresco de raíz y vástago, peso seco de raíz y vástago, tasa de conversión del vástago, tasa de conversión de raíz y tasa de conversión total. Se calculó el coeficiente de correlación entre las variables consideradas (únicamente se muestran aquellas entre tamaño y peso de semilla en las tres variedades de maíz).



**Figura 1. Descripción gráfica de la determinación de tratamientos.**

## Resultados

La prueba de tetrazolio para viabilidad mostró, en general, del 93 al 100% de viabilidad en las tres variedades. El coeficiente de correlación entre tamaño y peso de semilla en las tres variedades de maíz fue positivo y significativo, indicando que

a mayor tamaño de semilla mayor peso, lo que podría indicar que semillas más grandes cuentan con una mayor cantidad de compuestos de reserva. Sin embargo, se observa que esto es diferente en las semillas del tercio basal del E1 (Maíz blanco del Estado de México), en donde la correlación es negativa y altamente significativa, a mayor tamaño de semilla menor peso de esta, indicando que en este tercio la acumulación de los compuestos de reserva no se incrementa con el tamaño de la semilla (Tabla 1).

**Tabla 1. Coeficiente de correlación entre tamaño y peso de semilla en tres variedades de maíz: blanco del estado de México, amarillo de Hidalgo y amarillo de Oaxaca.**

Tipo de semilla	E1 (Maíz blanco del Estado de México)	E2 (Maíz amarillo de Hidalgo)	E3 (Maíz amarillo de Oaxaca)
Tercio basal	-0.3091**	0.3831**	0.4252**
Tercio medio	0.6816**	0.3002**	0.2425*
Tercio superior	0.6816**	0.1720	0.4837**

\* Significativo estadísticamente (Snedecor y Cochran, 1956).

En la Tabla 2 se muestran los cuadrados medios obtenidos en el análisis de varianza para cada tratamiento en cada uno de los experimentos (se muestran únicamente aquellos que fueron estadísticamente significativos). Como puede observarse, en lo correspondiente al E1 (Maíz blanco del Estado de México), en las variables: concentración de proteínas en semilla (CPS), peso seco de vástago (PSV), tasa de conversión de vástago (TCV) y tasa de conversión total (TCT), se encontró una diferencia estadística entre los tratamientos, lo que podría significar que existen diferencias en cómo las plántulas de esta variedad aprovechan los compuestos de reserva en la producción de biomasa de acuerdo con la posición

de la semilla en la mazorca, a pesar de contar con la misma concentración de almidones, (principal compuesto de reserva en las semillas).

**Tabla 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en tres variedades de maíz: blanco del estado de México, amarillo de Hidalgo y amarillo de Oaxaca.**

Experimento	CPS	DE	PFR	PSR	PSV	TCV	TCT
	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
E1 (Maíz blanco del Estado de México)	1.36 *	0.2 7	38.5 1	0.69	0.85*	8.46 *	0.93 *
E2 (Maíz amarillo de Hidalgo)	0.10	0.2 0*	0.10 *	0.009 **	0.000 1*	0.00 1	0.00 9*
E3 (Maíz amarillo de Oaxaca)	0.13	0.4 5	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01 7

CPS: Concentración de proteínas en semilla; DE: Días a emergencia; PFR: Peso fresco de raíz;

PSR: Peso seco de raíz; PSV: Peso seco de vástago; TCV: Tasa de conversión de vástago; TCT: Tasa de conversión total. \* Significativo estadísticamente.

Por otra parte, en el E2 (Maíz amarillo de Hidalgo), se encontró que existe una diferencia entre tratamientos en las variables: días a emergencia (DE), peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), PSV y TCT. Lo que podría señalar que, a pesar de contener la misma concentración de compuestos de reserva, la posición de la semilla en la mazorca influye en el desarrollo y crecimiento de las plántulas.

En cuanto al E3 (Maíz amarillo de Oaxaca), ninguna de las variables evaluadas mostró diferencias estadísticas entre tratamientos, lo que posiblemente indica que

en esta variedad el desarrollo de plántulas es independiente de la posición y tamaño de la semilla en la mazorca.

En E1 (Maíz blanco del Estado de México) en el CPS, PSV y TCT, a pesar de mostrar diferencia significativa entre tratamientos, en la comparación de medias estos comparten letras entre sí, por lo que, en términos generales podrían agruparse como iguales. Por otro lado, en la TCV se observa que el tercio medio y superior cuentan con las medias más altas y son estadísticamente iguales pero diferentes al tercio basal que tuvo la menor TCV, lo que posiblemente se deba a una menor eficiencia en la conversión de los compuestos de reserva hacia el desarrollo de la parte aérea en las semillas de esta posición, a pesar de que este tratamiento también registró un mayor CPS (Tabla 3).

**Tabla 3. Comparación de medias del E1 (Maíz blanco del Estado de México).**

Tratamiento	CPS (%)	PSV (gr)	TCV (%)	TCT (%)
Tercio basal	6.33 A	0.0950 B	0.1648 A	0.2006 B
Tercio medio	5.11 B	0.4460 A	1.3787 B	0.6316 A
Tercio superior	6.22 AB	0.3385 AB	1.1764 B	0.4130 AB

de CPS: Concentración de proteínas en semilla; PSV: Peso seco de vástago; TCV: Tasa de conversión de vástago; TCT: Tasa de conversión total. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias entre los tratamientos. Tukey (P<0.05).

En E2 (Maíz amarillo, Hidalgo), aunque el análisis de varianza indica que existen diferencias entre tratamientos en las variables DE, PSV Y TCT, estos tratamientos comparten letras entre sí (Tabla 4), por lo que podrían agruparse de forma general como similares. Por el contrario, en PFR y PSR del tercio basal y el medio son



estadísticamente iguales, mientras que el tercio superior es diferente a estos, contando con la media más baja, indicando, posiblemente, que las semillas posicionadas en el tercio superior tienen un menor desarrollo radicular.

**Tabla 4. Comparación de medias del E2 (Maíz amarillo del Estado de Hidalgo).**

Tratamiento	DE	PFR (gr)	PSR (gr)	PSV (gr)	TCT (%)
Tercio basal	4.0 AB	0.8784 A	0.1752 A	0.0428 A	0.2526 AB
Tercio medio	3.9 B	0.8684 A	0.1783 A	0.0403 AB	0.2302 B
Tercio superior	4.1 A	0.7511 B	0.1405 B	0.038 B	0.2732 A

PFR: Peso fresco de raíz; PSR: Peso seco de raíz; PSV: Peso seco de vástago; TCT: Tasa de conversión total. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias entre los tratamientos. Tukey ( $P < 0.05$ ).

## Discusión

De acuerdo con lo aquí reportado, existe una correlación significativa alta entre el tamaño y el peso de la semilla, lo que indica que en las variedades evaluadas las semillas más grandes contienen una mayor cantidad de compuestos de reserva. Sin embargo, esto fue diferente en el E1 (Maíz blanco del Estado de México) donde las semillas más grandes provenientes del tercio basal registraron un menor peso, es decir, una menor cantidad de reservas, lo que sugiere que la selección de semillas por su posición en la mazorca no necesariamente es un indicador certero de la cantidad de reservas que estas contienen y su translocación hacia la plántula. Desde el punto de vista de esta investigación, no se deberían excluir las semillas de la parte basal de esta variedad. En este sentido, la evaluación de estas



características en diferentes poblaciones de maíz sería importante para determinar con mayor confiabilidad si este comportamiento se repite con más frecuencia de lo estimado en esta especie, porque como menciona Pérez *et al.* (2006), en la calidad de la semilla de maíz influye más el genotipo que el tamaño.

Por otra parte, específicamente en E1 (Maíz blanco del Estado de México) se encontró en los tratamientos 2 (tercio medio) y 3 (tercio superior) la mayor TCV, lo que pudiera ser una ventaja durante el establecimiento del cultivo, evidenciando que, a pesar de contar con la misma concentración de almidón en los tres tratamientos, sí existen diferencias en cómo las plántulas aprovechan los compuestos de reserva en la producción de biomasa de acuerdo con la posición de la semilla en la mazorca, y que, aunque la mayor concentración de proteínas se encontró en las semillas del tercio basal (T1), este tratamiento no demostró ser superior, resultados que coinciden con lo encontrado por Morales (1988), quien evaluó el efecto del tamaño de semilla y vigor de plántula en maíz, donde señala que las plántulas provenientes de los tamaños de semilla más grandes presentaron un mayor peso de raíz y vástago.

En el E2 (Maíz amarillo de Hidalgo), las semillas de los tercios medio y basal presentaron un mayor desarrollo radicular expresado como peso seco de raíz, lo que concuerda con lo reportado por Laynez *et al.* (2007), quienes encontraron que en maíz las semillas más grandes desarrollan un sistema radicular mayor. En el experimento aquí reportado, estos datos no podrían atribuirse exclusivamente a la posición de la semilla en la mazorca ya que estas registraron la misma concentración de los compuestos de reserva independientemente de su ubicación, ni tampoco serían resultado del efecto del ambiente, dado que las condiciones ambientales fueron iguales para todos los tratamientos, por lo que posiblemente se deba al genotipo particular de cada semilla, ya que el maíz es una especie alógama de polinización libre. En este aspecto, para esta variedad, elegir semillas

de los tercios basal y medio sí tendría una ventaja sobre las semillas de la parte superior, ya que un mayor desarrollo radicular, en etapas tempranas, puede favorecer el establecimiento del cultivo, como lo mencionan Laynez *et al.* (2007).

Por último, a pesar de que diversos autores señalan que el vigor de las plántulas en maíz y en otras especies es mayor cuando provienen de semillas más grandes, este aspecto todavía no puede afirmarse completamente (Camargo *et al.*, 2019). Los resultados aquí obtenidos en el E3 (Maíz amarillo de Oaxaca) señalan que la posición de la semilla en la mazorca, y posiblemente el tamaño, no son factores que afecten el desarrollo y vigor de las plántulas, lo que coincide con lo reportado por Molatudi y Mariga (2009), quienes evaluaron el efecto del tamaño de semilla y la profundidad de siembra sobre el vigor de plántulas de maíz y concluyeron que el tamaño de la semilla no afectó la emergencia, el vigor de las plántulas ni el peso seco de las plántulas.

## Conclusión

En general, existe una correlación directamente proporcional y estadísticamente entre el tamaño y peso de la semilla de maíz, esto es, a mayor tamaño de semilla, mayor peso. Ambos experimentos, E1 y E2, descartaron la hipótesis de este trabajo sobre un desarrollo homogéneo independientemente de la posición de la semilla, ya que, aunque la concentración de los compuestos de reserva fue estadísticamente igual entre los tratamientos, las plántulas provenientes de dichos tratamientos mostraron comportamientos diferentes y superiores entre ellos. En el E3 (maíz amarillo de Oaxaca) la posición de la semilla en la mazorca, y por tanto el tamaño, no es un factor que afecte el desarrollo y vigor de las plántulas, en este caso, corroborando la hipótesis de este trabajo. La diversidad de los materiales reportados aquí, puede ser una ventaja para los sistemas de agricultura tradicional

ante la variabilidad climática y por lo tanto, usarse como una estrategia de agricultura climáticamente inteligente.

## Referencias

Alizaga, R., Sterling, F., & Herrera, J. (1992). Evaluación del vigor de semillas de maíz y su relación con el comportamiento en el campo. *Agronomía Costarricense*, 16(2): 203-210.

Arnott, A., Galagedara, L., Thomas, R., Cheema, M., & Sobze, J.M. (2021). The potential of rock dust nanoparticles to improve seed germination and seedling vigor of native species: A review. *Science of the Total Environment*, 775: 1-12.

Bolsa de Valores de Chicago. (10 de septiembre de 2021). *Corn Reports*. Recuperado el 25 de junio de 2022 de <https://www.cmegroup.com/trading/agricultural/corn-reports.html>

Camargo, G., Medeiros, C., & Santin, M. (2019). Seed reserves reduction rate and reserves mobilization to the seedling explain the vigour of maize seeds. *Journal of Seed Science*, 41(4): 488-497.

De la Torre, M. V. (2012). *Vigor temprano y su incidencia sobre el rendimiento de híbridos de maíz (Zea mays L.)*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Córdoba.

Itrotwar, P., Kasivelu, G., Raguraman, V., Sevathapandian, S., & Malaichamy, K. (2020). Effects of biogenic zinc oxide nanoparticles on seed germination and seedling vigor of maize (*Zea mays*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29: 2-5.

Laynes, G.J.A., Méndez, N.J.R., & Mays, F.J. (2007). Crecimiento de plántulas a partir de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays L.*) sembrados en arena y regados con tres soluciones osmóticas de sacarosa. *IDESIA*, 25(1): 21-36

Magdaleno, E., Mejía, A., Martínez, T., Sánchez, J., & García, J. (2016). Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(3): 437-447.

Menard, G., Sandhu, N., Anderson, D., Cotoles, M., Hassall, K., Easmond, P., & Kurup, S. (2021). Laboratory phenomics predicts field performance and identifies superior indica haplotypes for early seedling vigour in dry direct-seeded rice. *Genomics*, 113: 4227-4236.

Min, L., Da-xing, W., Quing-qing, S., Wu, C.I., Yan, L., & Chun-qing, Z. (2022). Factors influencing seed reserve utilization during seedling. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(3): 677-684.

Morales, F. (1988). *Efecto del tamaño de semilla y vigor de plántula sobre caracteres agronómicos y rendimiento en maíz (Zea Mays L.)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

Molatudi, R., & Mariga, I. (2009). The Effect of Maize Seed Size and Depth of Planting on Seedling Emergence and Seedling Vigour. *Journal of Applied Sciences Research*, 5(1): 2234-2237.

Pérez, M.C., Hernández, L.A., González, C.F.V., Gabino, G.D., Carballo, C.A., Vásquez, R.T.R., & Tovar, G.M.D. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México*, 32(3): 341-352.

SIAP. (2021). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Recuperado el 25 de junio de 2022 de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Snedecor, G.W. & Cochran, W.G. (1956). *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*. 5th ed. Ames, Iowa, Iowa State University Press.

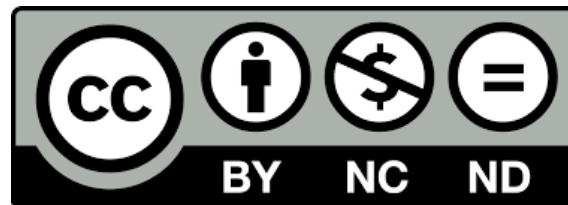
Vargas, V.M.L., Uscanga, M.E., Padilla, C.D., Heike, V., Kohashi, S.J., Miranda, C.S., & Yáñez, J.P. (2020). Asignación de biomasa y carbohidratos en semillas y plántulas de *Phaseolus coccineus* L. domesticado y silvestre. *Botanical Sciences*, 98(2): 366-376.



D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



#### ENTIDAD EDITORA

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

#### FORMA SUGERIDA DE CITAR:

Pozos-Pérez, T., Sevilla-García, P., Solares-Díaz, G. M., y Quintana-Sierra, M. E. (2022). La posición de la semilla en la mazorca y el desarrollo de plántulas de maíz. *MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)*, Año 5, No. 5, septiembre 2022 - agosto 2023. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

[https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2022/mem2022\\_CartelPaper4.html](https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2022/mem2022_CartelPaper4.html)