

## Efecto del magnesio y silicio en la producción de maíz amarillo duro, en La Molina, Lima - Perú.

Effect of magnesium and silicon in the production of hard yellow corn, in La Molina, Lima - Peru.

Victor Antonio de Jesus Lucero Rafael\*

Bertha Luz Rafael Hidalgo\*\*

Vicky Orbegoso Rivera\*\*\*

### RESUMEN

El maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran importancia a nivel mundial debido a que es el insumo clave en la fabricación balanceada de alimentos para animales. El presente trabajo consistió en evaluar el efecto de la fertilización complementaria con diferentes fuentes de magnesio y silicio en las características biométricas, las variables relacionadas al rendimiento y rendimiento de grano del híbrido DK-7088, bajo condiciones de La Molina. El ensayo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Nacional Agraria La Molina, durante los meses de Junio a Diciembre del 2021. En las características biométricas de la planta, el tratamiento con mayor altura de planta, altura de inserción de mazorca y diámetro de tallo fue el T3 (N - P - K + Magnekling nacional), con 228.20 cm, 135.35 cm y 28.73 mm, respectivamente; asimismo el T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de magnesio) presentó 14 hojas activas/planta, fue el mayor numéricamente. En los parámetros relacionadas al rendimiento de mazorca, el tratamiento con mayor diámetro de mazorca, número de granos/hilera, peso de mazorca y peso de granos/mazorca fue el T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de magnesio), con 4.85 cm, 34.90, 201.90 g y 173.21 g, respectivamente; mientras que, para el número de mazorcas/planta, número de hileras/mazorca y peso de 100 granos, el tratamiento con mayor resultado fue T3 (N - P - K + Magnekling nacional) con 2.35, 16.35 y 37.90 g, respectivamente; y el T2 (N - P - K + Magnekling importado) presentó mayores resultados en longitud de mazorca y porcentaje de desgrane, con 16.99 cm y 85.86%, respectivamente. Para el caso de rendimiento de grano, los tratamientos que tuvieron mejores resultados fueron T3 (N - P - K + Magnekling nacional), T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de magnesio) y T2 (N - P - K + Magnekling importado) que alcanzaron las medias de 12,310.82 kg/ha, 12,238.38 kg/ha y 11,625.18 kg/ha, respectivamente.

**Palabras clave:** Fertilización, magnesio, silicio, biometría, rendimiento, maíz.

\* <https://orcid.org/0000-0002-7678-9605>

\*\* <https://orcid.org/0000-0002-6331-9524>

\*\*\* <https://orcid.org/0000-0002-0351-9225>

## ABSTRACT

Hard yellow corn (*Zea mays* L.) is a crop of great importance worldwide because it is the key input in the balanced manufacture of animal feed. The present work consisted of evaluating the effect of complementary fertilization with different sources of magnesium and silicon on biometric characteristics, variables related to yield and grain yield of the DK-7088 hybrid, under La Molina conditions. The trial was carried out in the Experimental Agricultural Field of the La Molina National Agrarian University, during the months of June to December 2021. In the biometric characteristics of the plant, the treatment with the highest plant height, cob insertion height and stem diameter was T3 (N - P - K + national magnekling), with 228.20 cm, 135.35 cm and 28.73 mm, respectively; Likewise, T4 (N - P - K + Magnesoil + Magnesium sulphate) presented 14 active leaves/plant, which was the highest numerically. In the parameters related to cob yield, the treatment with the largest cob diameter, number of grains/row, cob weight and grains/cob weight was T4 (N - P - K + Magnesoil + Magnesium sulphate), with 4.85 cm, 34.90, 201.90 g and 173.21 g, respectively; while, for the number of cobs/plant, number of rows/cob and weight of 100 grains, the treatment with the highest result was T3 (N - P - K + national magnekling) with 2.35, 16.35 and 37.90 g, respectively; and T2 (N - P - K + imported magnekling) presented higher results in cob length and shelling percentage, with 16.99 cm and 85.86%, respectively. In the case of grain yield, the treatments that had the best results were T3 (N - P - K + national magnekling), T4 (N - P - K + Magnesoil + Magnesium sulphate) and T2 (N - P - K + imported magnekling) that reached the means of 12,310.82 kg/ha, 12,238.38 kg/ha and 11,625.18 kg/ha, respectively.

**Keywords:** fertilization, magnesium, silicon, biometrics, yield, corn.

## INTRODUCCIÓN

El maíz amarillo duro es uno de los cultivos más importantes del mundo. Su producción tiene como principal finalidad la fabricación de alimentos balanceados para la alimentación animal (García, 2017).

En Perú, este cultivo predomina en la Costa y Selva del país, en la región Selva el rendimiento varía de 2 a 3 toneladas por hectárea, por otro lado, en la zona costera el rendimiento promedio es de 9 a 10 toneladas por hectárea, puesto que esta región se caracteriza por el uso de tecnología media a alta, uso semillas de calidad y cuentan con disponibilidad de agua (García, 2020).

La producción local de maíz amarillo duro no cubre la demanda nacional, según las cifras del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) en el periodo 2011-2020, la demanda del país tuvo un crecimiento promedio anual de 4.9%, al pasar de 3.2 millones de toneladas en 2011 a 4.9 millones de toneladas en 2020,

asimismo, según SUNAT, las importaciones de este producto pasaron de 1.9 millones de toneladas en 2011 a 3.7 en 2020, lo que significó un crecimiento acumulado del 97.2% entre estos años, de esta manera, las importaciones de maíz amarillo duro cubren más del 60% de la demanda nacional en estos años (COMEX, 2021).

En la actualidad, la poca asistencia técnica a los agricultores genera que no se realice una fertilización adecuada al cultivo (García, 2017). Según Faiguenbaum (2017), la forma convencional de nutrir al maíz es a través de la aplicación de macroelementos primarios como fuentes de Nitrógeno, Potasio y Fósforo, sin embargo, no se considera el balance nutricional y no se toma en cuenta la aplicación de macroelementos secundarios u otros elementos.

El desafío es aumentar el rendimiento, mejorando el manejo del cultivo, una alternativa importante para superar este problema es complementar la fertilización, ya que con un buen manejo nutricional se puede alcanzar el potencial

máximo de producción, así como fortalecer al cultivo contra factores de estrés biótico y abiótico.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la fertilización complementaria con diferentes fuentes de magnesio y silicio en las características biométricas de planta, las variables relacionadas al rendimiento y rendimiento de grano del maíz amarillo duro híbrido DK-7088.

## MÉTODO Y MATERIALES

El presente trabajo de investigación se realizó en el campo Libres 2 – Lote 3 de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en la región de Lima, provincia de Lima, distrito de La Molina, en Perú. En la instalación del ensayo se utilizó el híbrido DEKALB 7088 del cultivo de maíz para todas las repeticiones. Durante el ensayo, la temperatura mínima promedio fue 15,49 °C y la temperatura máxima promedio fue 19,67 °C.

El suelo fue franco, presentó un pH ligeramente alcalino (7.28), muy baja salinidad (0.62 dS/m) y un bajo contenido de materia orgánica (1.68 %). Se realizó el manejo agronómico regular que se realiza en campo, el desarrollo del cultivo se dio de junio a diciembre del 2021.

Se sembró a un distanciamiento entre surcos de 0.80 m y 0.30 m entre golpes (2 semillas/golpe), alcanzando una densidad de 83,333 plantas/ha. Se realizó oportunamente la aplicación de riegos, agroquímicos, fertilizantes y aporque.

El diseño experimental que se empleó fue el de bloques completamente al azar (DBCA) con 5 tratamientos distribuidos en cuatro bloques por cada tratamiento, siendo un total de veinte unidades experimentales.

El área total del ensayo fue 320 m<sup>2</sup>, el área por tratamiento de 64 m<sup>2</sup> y área de subparcela de 16 m<sup>2</sup>. Los tratamientos fueron: T0 (sin ninguna aplicación), T1 (N – P – K), T2 (N – P – K + Magnekling importado), T3 (N – P – K + Magnekling nacional) y T4 (N – P – K + Magnesoil + sulfato de magnesio).

Se evaluaron parámetros biométricos de la planta: altura de planta, altura de inserción de mazorca, diámetro de tallo, número de hojas activas/planta; parámetros relacionados al rendimiento de mazorca: número de mazorcas/planta, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca, número de granos/hilera, peso de 100 granos, peso de mazorca, peso de granos/mazorca y porcentaje de desgrane; además, el rendimiento de grano al 14% de humedad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados analizados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, en ciertos parámetros evaluados.

El coeficiente de variabilidad (CV) para los caracteres biométricos de planta como altura de planta, altura de inserción de mazorca, diámetro de tallo y número de hojas/planta, fluctúa de 2.17% a 3.04% (Tabla 1), considerándose datos de poca variación.

Para el caso de los parámetros relacionados al rendimiento como número de mazorcas/planta, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca, número de granos/hilera, peso de 100 granos, peso de mazorca, peso de granos/mazorca y porcentaje de desgrane tienen CV que varía de 0.51% a 8.81% (Tabla 2 y 3). Por otro lado, en el rendimiento de grano al 14 % de humedad el CV es de 5.88% (Tabla 4).

**Tabla 1. Promedios y comparación de medias de altura de planta, altura de inserción de mazorca, diámetro de tallo y número de hojas/planta.**

Tratamientos		Altura de planta (cm)	A. inserción de mazorca (cm)		Diámetro de tallo (mm)		N° hojas/planta		
T4	N - P - K + Magnesoil + Sulf.de Mg	227.15	a	135.20	a	28.68	a	14.00	a
T3	N - P - K + Magnekling Nac.	228.20	a	135.35	a	28.73	a	13.90	a
T2	N - P - K + Magnekling Imp.	226.25	a	134.50	a	28.50	a	13.75	a
T1	N - P - K	223.70	a	131.10	ab	27.50	ab	13.40	ab
T0	Testigo	215.75	a	125.40	b	26.25	b	13.05	b
<b>Promedio</b>		<b>224.21</b>		<b>132.31</b>		<b>27.93</b>		<b>13.62</b>	
<b>CV</b>		<b>2.74%</b>		<b>3.04%</b>		<b>2.65%</b>		<b>2.17%</b>	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas, según la prueba Tukey 0.05.

**Tabla 2. Promedios y comparación de medias de número de mazorcas/planta, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera.**

Tratamientos		Número mazorcas /planta	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)		N° hileras /mazorca	N° granos /hilera				
T4	N - P - K + Magnesoil + Sulf.de Mg	2.25	a	16.98	a	4.85	a	16.25	a	34.90	a
T3	N - P - K + Magnekling Nac.	2.35	a	16.77	a	4.79	ab	16.35	a	34.05	a
T2	N - P - K + Magnekling Imp.	2.20	ab	16.99	a	4.78	ab	15.65	a	34.90	a
T1	N - P - K	1.80	bc	15.73	a	4.66	ab	15.55	a	32.85	ab
T0	Testigo	1.50	c	13.55	b	4.63	b	15.40	a	29.80	b
<b>Promedio</b>		<b>2.02</b>		<b>16.00</b>		<b>4.74</b>		<b>15.84</b>		<b>33.30</b>	
<b>CV</b>		<b>8.81%</b>		<b>3.77%</b>		<b>1.89%</b>		<b>5.50%</b>		<b>4.71%</b>	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas, según la prueba Tukey 0.05.

**Tabla 3. Promedios y comparación de medias de peso de 100 granos, peso de mazorca, peso de granos/mazorca y porcentaje de desgrane.**

Tratamientos		Peso de 100 granos (g)	Peso de mazorca (g)	Peso granos /mazorca (g)		Porcentaje de desgrane (%)			
T4	N - P - K + Magnesoil + Sulf.de Mg	36.72	a	201.90	a	173.21	a	85.79	a
T3	N - P - K + Magnekling Nac.	37.90	a	196.00	a	168.00	a	85.71	a
T2	N - P - K + Magnekling Imp.	36.42	a	193.00	ab	165.70	a	85.86	a
T1	N - P - K	35.54	ab	176.50	b	149.97	b	84.95	ab
T0	Testigo	33.25	b	155.00	c	130.70	c	84.31	b
<b>Promedio</b>		<b>35.97</b>		<b>184.48</b>		<b>157.52</b>		<b>85.32</b>	
<b>CV</b>		<b>3.45%</b>		<b>1.89%</b>		<b>4.20%</b>		<b>0.51%</b>	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas, según la prueba Tukey 0.05.

Tabla 4. Promedios y comparación de medias del rendimiento de grano al 14 % de humedad.

Tratamientos		Rendimiento (kg/ha)	
T3	N - P - K + Magnekling Nac.	12310.82	a
T4	N - P - K + Magnesoil + Sulf. de Mg	12238.38	a
T2	N - P - K + Magnekling Imp.	11625.18	a
T1	N - P - K	10119.91	b
T0	Testigo	8366.44	c
<b>Promedio</b>		<b>10932.15</b>	
<b>CV</b>		<b>5.88%</b>	

Promedios con letras iguales no presentan diferencias significativas, según la prueba Tukey 0.05.

En la Tabla 1 se observa las características biométricas de la planta, los mejores resultados para altura de inserción de mazorca, diámetro de tallo y número de hojas activas/planta se dieron en los tratamientos T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de Magnesio), T3 (N - P - K + Magnekling Nacional) y T2 (N - P - K + Magnekling Importado), esto se puede deber a la influencia que tiene el Silicio en el aumento de la masa y el volumen de las raíces (Adatia y Besford, 1986), lo que genera un mejor desarrollo aéreo.

Así mismo, Ericsson y Kähr (1995) demostraron que la severidad de síntomas de clorosis y necrosis en las hojas más viejas estaba relacionada con la disponibilidad de magnesio. Por otro lado, en el parámetro de altura de planta no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, esto se debe a que en maíz es un carácter que posee alta heredabilidad, por ello, está definida por sus características genéticas y está influenciado en menor grado por los factores externos o del ambiente Paliwal et al. (2001).

En la Tabla 2 y 3 se observa las variables relacionadas al rendimiento de mazorca, los mejores resultados para el número de granos/hilera, peso de 100 granos, peso de granos/mazorca y porcentaje de desgrane fueron T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de magnesio), T3 (N - P - K + Magnekling Nacional) y T2 (N - P - K + Magnekling Importado). Según Forster (1980), la deficiencia de magnesio en plantas reduce la tasa fotosintética por unidad de área foliar y en casos severos afecta negativamente en el número de granos

por mazorca, ocasionando un bajo rendimiento. Además, Barker y Pilbeam (2007) sostienen que numerosos estudios realizados sobre el efecto de la fertilización con silicio en el maíz determinan que este elemento tiene efectos positivos sobre el sistema suelo - planta, principalmente, refuerza las propiedades protectoras de las plantas contra enfermedades, ataques de insectos y condiciones climáticas desfavorables, además, optimiza la fertilidad del suelo. Adicionalmente, los tratamientos T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de magnesio) y T3 (N - P - K + Magnekling Nacional) presentaron los mejores resultados en peso de mazorca y número de mazorcas/planta.

Además, para el caso de longitud de mazorca, los tratamientos con mejores resultados fueron T3 (N - P - K + Magnekling Nacional), T2 (N - P - K + Magnekling Importado), T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de magnesio) y T1 (N - P - K), alcanzando resultados de 16.99 cm, 16.98 cm, 16.77 cm y 15.73 cm, respectivamente. En cuanto al diámetro de mazorca, el mejor tratamiento fue T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de magnesio) alcanzando una media de 4.85 cm, este resultado se puede deber al efecto positivo del azufre, pues Lunde et al. (2004) demostró que el cultivo con deficiencia de azufre produce menor rendimiento, menor calidad y reduce su valor nutricional.

En la Tabla 4 se observa el rendimiento de grano al 14 % de humedad, los tratamientos que tuvieron mejores resultados fueron T3 (N - P - K + Magnekling Nacional), T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de Magnesio) y T2 (N - P - K + Mag-

nekling Importado) que alcanzaron las medias de 12,310.82 kg/ha, 12,238.38 kg/ha y 11,625.18 kg/ha, respectivamente, Laverde et al. (1986) indica que existe una correlación positiva entre el rendimiento y los componentes de producción como la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras y granos por hilera. Así mismo, Chura y Tejada (2014) sostuvieron que la característica que más aportó al rendimiento de grano fue el índice de mazorca, esta afirmación se corrobora en el presente trabajo, ya que los tratamientos con mayor número de mazorcas por planta presentaron rendimientos más altos.

Además, Wong et al. (2007) demostraron que el peso de mil granos es la característica que mejor se relaciona con el rendimiento, confirmando en este trabajo la relación positiva del peso de cien granos y el rendimiento. Sin duda, los resultados positivos en las diferentes características evaluadas en mazorca influyen en mayor o menor medida sobre el rendimiento total de grano.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente ensayo en maíz amarillo duro híbrido DK-7088, se concluye lo siguiente:

Respecto a las características biométricas de la planta, los mejores resultados para altura de inserción de mazorca, diámetro de tallo y número de hojas por planta fueron los tres tratamientos con aplicación complementaria de diferentes fuentes de magnesio y silicio, sin embargo, en el parámetro de altura de planta no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Respecto a las variables relacionadas al rendimiento de mazorca, los mejores resultados para longitud de mazorca, número de granos/hilera, peso de 100 granos, peso de granos/mazorca y porcentaje de desgrane fueron los tres tratamientos con aplicación complementaria de diferentes fuentes de magnesio y silicio, en el caso de peso de mazorca y número de mazorcas/planta los mejores tratamientos fueron T4 (N - P - K +

Magnesoil + Sulfato de Magnesio) y T3 (N - P - K + Magnekling Nacional), mientras que, para el diámetro de mazorca el mejor tratamiento fue T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de Magnesio); en el caso de número de hileras/mazorca no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Respecto al rendimiento de grano, los tratamientos que tuvieron mejores resultados fueron T3 (N - P - K + Magnekling Nacional), T4 (N - P - K + Magnesoil + Sulfato de Magnesio) y T2 (N - P - K + Magnekling Importado) que alcanzaron las medias de 12,310.82 kg/ha, 12,238.38 kg/ha y 11,625.18 kg/ha, respectivamente.

## REFERENCIAS

- Adatia, M. y Besford, R. (1986). The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. *Annals of Botany*, 58(3). <http://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087212>
- Barker, A. V. y Pilbeam, D. J. (2007). *Handbook of Plant Nutrition*. Taylor & Francis Group, LLC.
- Chura Chuquija, J. y Tejada Soraluz, J. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *Idesia (Arica)*, 32(1), 113-118. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100014>
- COMEX. (2021). La producción nacional de maíz amarillo solo cubre el 23% de la demanda nacional. <https://www.comexperu.org.pe/en/articulo/la-produccion-nacional-de-maiz-amarillo-solo-cubre-el-23-de-la-demanda-nacional>
- Ericsson, T., & Kähr, M. (1995). Growth and nutrition of birch seedlings at varied relative addition rates of magnesium. *Tree Physiology*(15), 85-93. <http://directory.umm.ac.id/Data%20Elmu/jurnal/T/Tree%20Physiology/Vol15.1995/15-2-2.pdf>
- Fauguenbaum, H. (2017). El maíz se sobrefertiliza y subfertiliza. *Redagráfica*. <https://www.redagricola.com/cl/maiz-se-sobrefertiliza-subfertiliza-al-tiempo/>
- Forster, H. (1980). Einfluss von unterschiedlich starkem Magnesiummangel bei Gerste auf den Kornertrag und seine Komponenten. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 143(6), 627-637. <https://doi.org/10.1002/jpln.19801430603>
- García, C. (2020). El maíz es el cultivo más importante en extensión para el Perú. (J. C.

León, Entrevistador). <https://agraria.pe/noticias/el-maiz-es-el-cultivo-mas-importante-en-extension-para-el-pe-22033>

García, P. J. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Revista De Investigaciones De La Universidad Le Cordon Bleu*, 73-79.

Laverde Peña, H., De la Cruz, R., & Rojas, E. (1986). Formación de mazorcas en diferentes nudos del eje de maíz ICA -V-510. *Colombiano Agropecuario*, 63-81

Lunde, C., Zygadlo, A., Lassen Nielsen, P., Toft Simonsen, H., Blennow, A., & Haldrup, A. (2004). Sulfur starvation in rice: The effect on photosynthesis, carbohydrate metabolism, and oxidative stress protective pathways. *Physiologia Plantarum*, 134(3). doi:10.1111/j.1399-3054.2008.01159.x

Paliwal, R., Granados, G., Lafitte, H., & Violic, A. (2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm>

Wong Romero, R., Gutiérrez del Río, E., Palomo Gil, A., Rodríguez Herrera, S., Córdova Orellana, H., Espinoza Banda, A., & Lozano García, J. (2007). APTITUD COMBINATORIA DE COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN LÍNEAS DE MAÍZ PARA GRANO EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(2), 181-189. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61030210.pdf>