

## **Variación entre caracteres físicos y químicos en grano de maíces en función de la densidad de siembra en Guanajuato, México**

Variation between physical and chemical characteristics in maize  
grain as a function of planting density in Guanajuato, Mexico

**Silvia Nayely García Venegas**

nayely.garcia.venegas@outlook.com  
<https://orcid.org/0009-0005-2229-7575>  
Tecnológico Nacional de México. Instituto  
Tecnológico de Roque, Km. 8 Carretera  
Celaya-Juventino Rosas  
Roque, Celaya, Guanajuato – México

**Gilberto Rodríguez Pérez**

gilberto.rp@vyaqui.tecnm.mx  
<https://orcid.org/0000-0003-2297-8598>  
Tecnológico Nacional de México. Instituto  
Tecnológico del Valle del Yaqui  
Ciudad Obregón Sonora – México

**Francisco Cervantes Ortiz**

francisco.co@roque.tecnm.mx  
<https://orcid.org/0000-0003-2419-5896>  
Tecnológico Nacional de México. Instituto  
Tecnológico de Roque, Km. 8 Carretera  
Celaya-Juventino Rosas  
Roque, Celaya, Guanajuato – México

**Mariano Mendoza Elos**

mariano.me@roque.tecnm.mx  
<https://orcid.org/0000-0002-8862-5819>  
Tecnológico Nacional de México. Instituto  
Tecnológico de Roque, Km. 8 Carretera  
Celaya-Juventino Rosas  
Roque, Celaya, Guanajuato – México

**Susana Elizabeth Altamirano Romo**

Susana.ar@roque.tecnm.mx  
<https://orcid.org/0000-0002-3052-6877>  
Tecnológico Nacional de México. Instituto  
Tecnológico de Roque, Km. 8 Carretera  
Celaya-Juventino Rosas  
Roque, Celaya, Guanajuato – México

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen al financiamiento otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a la estudiante como autor principal en el programa de Posgrado de Producción y Tecnología de Semillas del Tecnológico Nacional de México-campus Roque en Celaya, Guanajuato, México.



Revista Latinoamericana de  
Ciencias Sociales y Humanidades

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.6179>

**Artículo recibido:** 26 de febrero de 2026.

**Aceptado para publicación:** 11 de julio de 2026.

**Conflictos de Interés:** Ninguno que declarar.

**VOLUMEN VII**

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.6179>

## Variación entre caracteres físicos y químicos en grano de maíces en función de la densidad de siembra en Guanajuato, México

Variation between physical and chemical characteristics in maize grain as a function of planting density in Guanajuato, Mexico

**Silvia Nayely García Venegas**

[nayely.garcia.venegas@outlook.com](mailto:nayely.garcia.venegas@outlook.com)

<https://orcid.org/0009-0005-2229-7575>

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque, Km. 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas  
Roque, Celaya, Guanajuato – México

**Gilberto Rodríguez Pérez**

[gilberto.rp@vyaqui.tecnm.mx](mailto:gilberto.rp@vyaqui.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-2297-8598>

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui  
Ciudad Obregón Sonora – México

**Francisco Cervantes Ortiz**

[francisco.co@roque.tecnm.mx](mailto:francisco.co@roque.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-2419-5896>

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque, Km. 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas  
Roque, Celaya, Guanajuato – México

**Mariano Mendoza Elos**

[mariano.me@roque.tecnm.mx](mailto:mariano.me@roque.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-8862-5819>

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque, Km. 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas  
Roque, Celaya, Guanajuato – México

**Susana Elizabeth Altamirano Romo**

[Susana.ar@roque.tecnm.mx](mailto:Susana.ar@roque.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-3052-6877>

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque, Km. 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas  
Roque, Celaya, Guanajuato – México

Artículo recibido: 26 de febrero de 2026. Aceptado para publicación: 11 de julio de 2026.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar caracteres físicos y químicos en híbridos de maíz en Guanajuato, México. Las variables fueron: peso hectolítrico, peso de mil granos, índice de flotación, porcentajes de grados brix, aceite, proteína y cenizas en función a tres densidades de siembra (80, 90 y 100 plantas), se utilizaron cuatro híbridos comerciales y dos experimentales el diseño experimental fue bloques al azar con arreglo factorial con tres repeticiones. Los resultados mostraron diferencias estadísticas entre efectos principales y la interacción, el híbrido Anaconda se asoció más con peso de mil granos mostraron mayor interacción por estas más alejados del centro de origen, mientras que Anaconda y Cobra más cercanos al centro de origen mostraron menor magnitud de interacción; por tanto, fueron los más estables asociándose con proteína, grados brix, y aceite; sin embargo, Cobra tuvo mejor interacción con cenizas e índice de flotación, Gorrión y Willy presentaron mayor interacción negativa teniendo relación con peso hectolítrico.

*Palabras clave:* Zea mays, híbridos, propiedades fisicoquímicas

## Abstract

This research aimed to evaluate physical and chemical characteristics of maize hybrids in Guanajuato, Mexico. The variables were: hectoliter weight, thousand-kernel weight, flotation index, Brix degrees, oil, protein, and ash content, as a function of three planting densities (80, 90, and 100 plants). Four commercial and two experimental hybrids were used. The experimental design was a randomized complete block design with a factorial arrangement and three replications. The results showed statistically significant differences between main effects and interactions. The Anaconda hybrid was most strongly associated with thousand-kernel weight, showing a greater interaction with these factors when the hybrids were farther from the center of origin. Anaconda and Cobra hybrids closer to the center of origin showed a lower magnitude of interaction; therefore, they were the most stable in their association with protein, Brix degrees, and oil. However, Cobra had a better interaction with ash and flotation index, while Gorrión and Willy showed a greater negative interaction related to hectoliter weight.

*Keywords:* Zea mays, hybrids, physicochemical properties

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons.



Cómo citar: García Venegas, S. N., Rodríguez Pérez, G., Cervantes Ortiz, F., Mendoza Elos, M., & Altamirano Romo, S. E. (2026). Variación entre caracteres físicos y químicos en grano de maíces en función de la densidad de siembra en Guanajuato, México. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 7 (3), 3098 – 3108. <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.6179>



## INTRODUCCIÓN

Por su relevancia económica y social, el maíz es el cultivo agrícola que más se produce en el mundo (Rouf-Shah et al., 2016), con una producción de aproximadamente 389,7 millones de toneladas en 2023-2024, Estados Unidos se mantuvo como el principal país productor de maíz del mundo. China y Brasil se situaron en segunda y tercera posición, respectivamente, ambos con cosechas superiores a los 120 millones mientras que México se posicionó en el octavo lugar produciendo 22,71 millones de toneladas. De hecho, entre las tres naciones de mayor producción englobaron casi dos terceras partes del volumen total producido de este cereal a nivel global durante el año referido por United States Department of Agriculture (USDA, 2022). El maíz es parte integral de la dieta de todas las clases socioeconómicas, por lo que se considera un alimento básico; sin embargo, también presenta múltiples aplicaciones a nivel industrial.

Las evaluaciones en maíces con variaciones de densidad de plantación y propiedades químicas se han evaluado con la finalidad de optimizar recursos. En el caso de la densidad de población existe un máximo efecto en el incremento del rendimiento y se relaciona con la disponibilidad de recursos agua, luminosidad y suelo (Blanco & González, 2021); en muchos casos la combinación óptima de esos factores interactúa con los materiales genéticos (Martínez-Gutiérrez, et al, 2018; Su et al., 2020), pero aún en condiciones de buena disponibilidad de humedad mediante riego por goteo en maíz no existe efecto en el rendimiento al establecer densidades entre 90 y 135 mil plantas ha<sup>-1</sup> (Quevedo et al., 2018). La expresión de los genotipos también inserta variabilidad en la respuesta, así Albino et al., 2016 no encontraron efectos significativos con densidades superiores a 87 mil plantas ha<sup>-1</sup> en cambio la densidad menor rindió más, relacionado con el ahijamiento mayor. En cambio, Chura et al. (2019); Alonso et al. (2023); Canales et al. (2016) reportaron rendimiento mayor con incremento de la densidad en los híbridos de maíz. En condiciones adversas de clima conviene incrementos ligeros de densidad para una respuesta paralela en rendimiento; a medida que se dispone de fertilización también es factible incrementar la densidad (Zamudio-González, et al., 2016)

Por lo anterior, cuando los fitomejoradores buscan genotipos con rendimientos mayores y propiedades químicas aceptables para diferentes condiciones ambientales enfrentan desafíos como la estabilidad y adaptabilidad (Fayeun et al., 2018). Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre caracteres físicos y químicos de grano en maíces en función de la densidad de siembra.

## METODOLOGÍA

El estudio se estableció en el Tecnológico Nacional de México-Roque, Celaya, Guanajuato, México, ubicado a los 20°30'28" de latitud norte y 100°50'00" de longitud oeste, a una altitud de 1750 m.s.n.m., el clima predominante es semicálido y subhúmedo con temperaturas que varan entre los 14 °C a 22 °C (García, 1973). El material genético consistió en cuatro híbridos comerciales y dos experimentales (Tabla 1). Se utilizaron tres densidades de siembra (80, 90 y 100 mil plantas por hectárea), la siembra consistió en cuatro surcos por a una longitud de cinco metros con una separación entre surcos de 75 cm en tres repeticiones, el diseño que se utilizó fue bloques al azar con arreglo factorial donde el factor A fueron los genotipos y factor B la densidad de población y su interacción genotipos\*densidad (G\*D).

**Tabla 1**

*Material genético utilizado, Celaya, Guanajuato, México*

| Híbrido                | Color de grano | Textura de grano |
|------------------------|----------------|------------------|
| Anaconda               | Amarillo       | dentado          |
| Cobra                  | Amarillo       | dentado          |
| Willy                  | Amarillo       | semidentado      |
| Gorrión                | Amarillo       | dentado          |
| Híbrido experimental-1 | Amarillo       | dentado          |
| Híbrido experimental-2 | Blanco         | semidentado      |

**Fuente:** elaboración propia.

### **Determinación de variables fisicoquímicas**

Para determinar el efecto de las densidades de siembra y el potencial productivo en los híbridos estudiados, se determinaron: peso de 1000 granos (PMG), la determinación se realizó por triplicado mediante el conteo de los granos donde posteriormente fueron pesados en una báscula digital, al final el dato se expresó en gramos. Para peso hectolítrico (PH) se utilizó la metodología de la American Association of Cereal Chemists (AOAC, 2012), al dividir el peso de los granos entre el volumen del recipiente y relacionado al volumen de 100 L. Las mediciones se realizaron con 10 repeticiones utilizando 200 g por muestra lo cual fue expresado en kg hL<sup>-1</sup>. El contenido de proteína cruda se calculó a partir del nitrógeno total utilizando el método de Kjeldhal. La digestión se realizó con ácido sulfúrico concentrado y en la destilación se utilizó hidróxido de sodio al 40 %. Para la titulación se utilizó una solución valorada de ácido sulfúrico, método oficial de la AOAC (2012).

El análisis de cenizas se realizó en una mufla según la AOAC (2012) con temperaturas de 550°C. Los carbohidratos se determinaron por diferencia, restando a 100 los porcentajes calculados para cada nutriente, los valores se expresaron en g kg<sup>-1</sup>. El índice de flotación, se preparó una solución de azúcar refinada al 67 %, agregando agua al vaso de plástico con 580 ml, se pesaron 670 g de azúcar refinada agitando constantemente con una cuchara de plástico, el volumen total de esta solución fue de exactamente un litro, para esta variable se seleccionaron y pesaron 100 granos sanos de cada híbrido, posteriormente se adicionaron 500 mL de la solución de azúcar en un recipiente de un litro, después se introdujeron los 100 granos en la solución agitando tres veces a la derecha y tres a la izquierda con ayuda de una espátula, dejándose reposar 30 segundos para que los granos flotaran o se fueran al fondo. La determinación de aceite se realizó de acuerdo con el método 923.03 de la AOAC (2012). Las extracciones se realizaron en muestras de 1 g de harina que pasaron a través de una malla 80 (0.180 mm). Se utilizó un equipo Soxhlet System HT 1043, con éter de petróleo como disolvente, la determinación se realizó por triplicado. Los grados brix se determinaron mediante el procedimiento de la Norma Oficial de Método de Prueba para la determinación se colocó el refractómetro en una posición tal que difundiera la luz natural o cualquier otra fuente de luz, que pueda utilizarse para la iluminación.

### **El análisis estadístico**

Los datos sobre características físicas y químicas de los maíces se sometieron a análisis de varianza con un diseño bloques al azar, mediante el procedimiento GLM y comparación de medias por Tukey se utilizó el software (Statistical Analysis System SAS, versión 9.4 Institute, 2020). El análisis de componentes principales (ACP) para generar el biplot se aplicó para agrupar por características comunes los diferentes maíces (Johnson y Wichern, 2007).

## RESULTADOS

### Análisis de varianza (cuadrados medios) de los maíces de estudio en Celaya, Guanajuato, México.

El análisis de varianza (cuadrados medios) mostró diferencias significativas en la Tabla 2 para todas las variables de estudio en los efectos principales e interacción, mostraron mayores efectos de los cuadrados medios en peso de mil granos (PMG), aceite e índice de flotación (IF).

**Tabla 2**

*Análisis de varianza (cuadrados medios) de maíces evaluados en Celaya, Guanajuato, México*

| Fuente Variación | Grados de libertad | PMG (g)  | PH (kg hL <sup>-1</sup> ) | IF (%)   | Brix (%) | Cenizas (%) | Aceite (%) | Proteína (%) |
|------------------|--------------------|----------|---------------------------|----------|----------|-------------|------------|--------------|
| Repetición       | 2                  | 124.38   | 0.99*                     | 14.0*    | 0.001    | 0.003       | 7.16       | 0.02         |
| Genotipo         | 5                  | 8303.66* | 164.14**                  | 871.41** | 0.18**   | 0.09**      | 14.34*     | 51.54**      |
| Densidad         | 2                  | 4733.51* | 3.31**                    | 416.88** | 0.89**   | 0.04**      | 14.22*     | 0.03*        |
| G*D              | 10                 | 1046.37* | 57.71**                   | 82.0**   | 0.29**   | 0.01**      | 14.66*     | 0.09**       |
| Error            | 34                 | 89.58    | 0.17                      | 4.52     | 0.021    | 0.018       | 6.34       | 0.01         |
| Total            | 53                 | 482915.5 | 226.32                    | 1388.81  | 1.36     | 0.14        | 56.76      | 51.69        |
| C.V. (%)         |                    | 2.65     | 0.54                      | 3.07     | 1.15     | 2.5         | 1.59       | 0.83         |

**Nota:** C.V.= coeficiente de variación, PMG= peso de mil granos, PH= peso hectolítrico, IF= índice de flotación.

**Fuente:** elaboración propia.

En la Tabla 3 se muestran la comparación de medias donde en peso de mil granos (PMG) el híbrido experimental 2 mostró mayor peso, en peso hectolitrico el híbrido Willy tuvo mayor promedio, en índice de flotación Cobra por el tipo de endospermo tendio ser más harinoso con un 81.66 % de granos flotantes, en grados brix Cobra y Anaconda tendieron a tener mayores porcentajes, para aceite el híbrido experimental 2 presentó mayor porcentaje tendiendo a ser utilizado para la industria aceitera y en proteína el híbrido experimental 1 tuvo mayor porcentaje.

**Tabla 3**

*Comparación de medias (DMS) entre maíces evaluados en Celaya, Guanajuato, México*

| Genotipo      | PMG (g)  | PH (Kg hL <sup>-1</sup> ) | IF (%)  | Brix (%) | Cenizas (%) | Aceite (%) | Proteína (%) |
|---------------|----------|---------------------------|---------|----------|-------------|------------|--------------|
| Anaconda      | 334.97 d | 77.40 d                   | 75.77 b | 4.82 ab  | 1.36 b      | 14.88 ab   | 9.30 f       |
| Cobra         | 347.75 c | 76.03 e                   | 81.66 a | 4.86 a   | 1.24 de     | 16.33 a    | 13.67 c      |
| Willy         | 338.07 d | 81.36 a                   | 57.55 d | 4.70 c   | 1.21 e      | 14.22 ab   | 11.87 d      |
| Gorrión       | 334.37 d | 79.65 b                   | 71.44 c | 4.59 d   | 1.32 c      | 13.22 b    | 10.85 e      |
| Híbrido exp-1 | 377.30 b | 78.86 c                   | 71.77 c | 4.49 e   | 1.25 d      | 14.22 ab   | 15.56 a      |
| Híbrido exp-2 | 409.53 a | 77.36 d                   | 57.44 d | 4.80 b   | 1.49 a      | 12.77 b    | 14.66 b      |
| Media         | 357.01   | 78.44                     | 69.27   | 4.1      | 1.31        | 14.27      | 12.65        |
| Tukey (0.05)  | 9.06     | 0.42                      | 2.03    | 0.05     | 0.03        | 2.41       | 0.13         |

**Fuente:** elaboración propia.

Las medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de DMS. Significativamente diferente de la unidad  $p < 0,01(**)$  y  $p < 0,05(*)$ : Elaboración propia.

En la Tabla 4 se observa que la mejor densidad fue 80 mil plantas por hectárea en PMG, PH, aceite y proteína, en índice de flotación fue la mejor densidad de 90 mil plantas; sin embargo para cenizas no hubo marcada diferencia entre 80 y 90 mil plantas por hectárea.

**Tabla 4**

*Comparación de medias (DMS) entre densidad de siembra en maíces evaluados en Celaya, Guanajuato, México*

| Densidad plantas | PMG (g)  | PH (kg hL-1) | IF (%)  | Brix (%) | Cenizas (%) | Aceite (%) | Proteína (%) |
|------------------|----------|--------------|---------|----------|-------------|------------|--------------|
| 80 mil           | 372.24 a | 78.66 a      | 66.61 b | 4.63 b   | 1.26 c      | 15.16 a    | 12.68 a      |
| 90 mil           | 358.79 b | 78.57 a      | 74.83 a | 4.53 c   | 1.37 a      | 14.27 ab   | 12.60 b      |
| 100 mil          | 339.96 c | 78.10 b      | 66.38 b | 4.96 a   | 1.30 b      | 13.38 b    | 12.66 ab     |
| Tukey (0.05)     | 6.41     | 0.28         | 1.44    | 0.037    | 0.02        | 1.7        | 0.07         |

**Fuente:** elaboración propia.

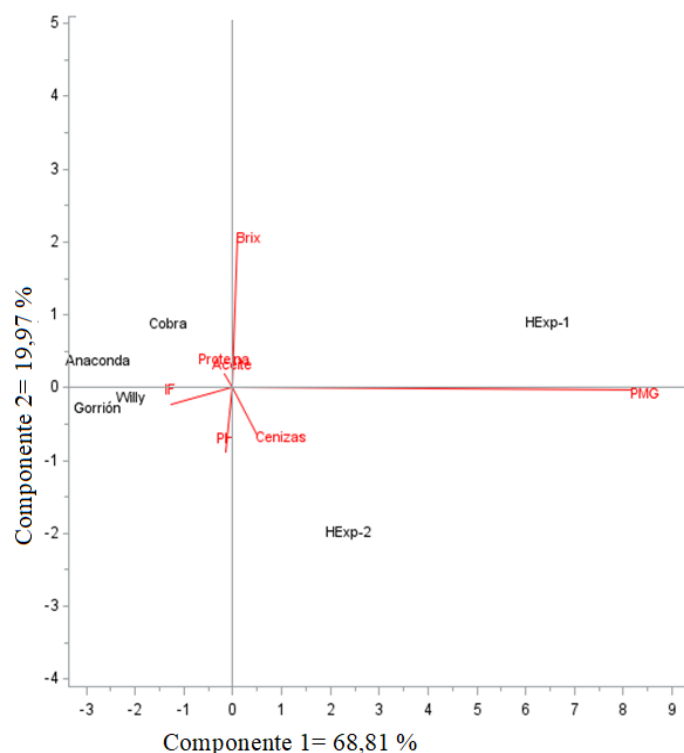
Las medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de DMS. Significativamente diferente de la unidad  $p < 0.01(**)$  y  $p < 0.05(*)$ : Elaboración propia.

### Componentes principales

En el gráfico 1 se muestra el biplot correspondiente al análisis de componentes principales entre híbridos y caracteres físicos químicos, el plano conformado por las dos primeros componentes principales explicó un 88,78 % de la variabilidad total, se considera un porcentaje adecuado para representar confiablemente las relaciones entre híbridos y las variables analizadas (Aquino & Gómez, 2019). Referente a la ubicación de los híbridos en el biplot se observa que el híbrido Anaconda se asoció más con peso de mil granos mostraron mayor interacción por estar más alejados del centro de origen, mientras que Anaconda y Cobra más cercanos al centro de origen mostraron menor magnitud de interacción; por tanto, fueron los más estables asociándose con proteína, grados brix, y aceite; sin embargo, Cobra tuvo mejor interacción con cenizas e índice de flotación, Gorrión y Willy presentaron mayor interacción negativa teniendo relación con peso hectolítrico (PH). Estos resultados coinciden con lo reportado por Alegría-Marroquín et al. (2020) quienes mencionaron que existe una estrecha asociación entre caracteres físicos y químicos como resultaron en específico Anaconda y Cobra (Su et al., 2020).

## Gráfico 1

*Biplot correspondiente entre genotipos y variables físicas y químicas evaluadas en Celaya, Guanajuato, México*



**Fuente:** elaboración propia.

## DISCUSIÓN

Las diferencias que se encontraron en el análisis de varianza pudieron ser atribuibles a la expresión genética entre los híbridos (Bautista-Ramírez et al., 2019), ya que su formación proviene de distintas líneas. Los coeficientes de variación presentaron 99,5 % y 90,9 % de confiabilidad de que el experimento fue conducido de manera eficiente.

Las proporciones de aceite del grano de maíz están fundamentalmente en el germen y vienen determinadas genéticamente, con valores que van del 3 al 18 por ciento; en esta investigación no hubo gran diferencia estadística; sin embargo, Cobra obtuvo 16,33 % de aceite, seguido de Anaconda, Willy y el híbrido experimental 1, quienes se posicionaron en el segundo grupo estadístico; estos valores están dentro del rango reportado por Broa et al., (2019) donde encontraron porcentajes de aceite entre 12 % y 18 %.

El contenido de aceite se ubicó entre 12,72 % y 16,33 %, sin alguna marcada diferencia estadística entre los maíces; sin embargo, Cobra presentó mayor promedio con 16,33 %, seguido de Anaconda (14,88 %), Willy (14,22 %), y el híbrido experimental 1 (14,22 %). Estos resultados fueron superiores a lo reportado por Salinas et al. (2013), el contenido de aceite entre los grupos de dureza (IF), cenizas, y peso hectolítrico también fueron diferentes ( $P \leq 0.05$ ), con los mayores valores, los maíces estándar suelen contener alrededor de un 3,5 % de aceite y los maíces actuales con alto contenido de aceite suelen contener alrededor de un 6,3 %, en los resultados los genotipos mostraron mayor porcentaje de aceites, lo que les favorece en la aportación nutricional al consumirlos por sus propiedades.



nutricionales, como vitamina B1, vitamina B2, vitamina B5, vitamina B6, y vitamina K. (Guzmán-Maldonado et al., 2015).

En cuanto a la densidad de siembra, para PMG y PH con 80 mil plantas por hectárea tuvieron mejor respuesta, en índice de flotación 90 mil plantas presentaron mayores promedios; sin embargo, para los caracteres químicos en cenizas y aceite tuvieron mayores porcentajes, para grados brix la densidad de 100 mil plantas tuvo mejor comportamiento en aceite existió poca variación en sus porcentajes, siendo 80 mil plantas con mejor proporción; sin embargo, 90 mil planta también fue un factor del cual se obtuvo buenos porcentajes. De lo anterior antes mencionado puede decirse que a menor densidad de población se tendrá una mayor acumulación de aceite y cenizas, por consiguiente en el sentido económico, entre más baja sea la densidad a utilizar en una siembra de maíz puede ser mejor opción por el costo de semilla mejorada, más cuando se obtuvieron promedios y porcentajes en PMG, PH, aceite y proteínas respectivamente, con estos resultados se tuvo una respuesta de los híbridos entre densidad; por lo cual es necesario seguirlos evaluando con otra línea de investigación para conformar respuestas favorables en otras entidades federativas de México, los resultados se relaciona con la respuesta de los híbridos debido a que, en trabajos sobre evaluación de caracteres físicos y químicos, en este caso los híbridos Wily, Cobra y los experimentales se destacaron en las variables físicas y químicas de mayor importancia (Albino et al., 2016; Alonso-Sánchez et al 2023; Blanco & González 2021; Canales et al., 2016).

### **CONCLUSIONES**

El análisis comparado con densidades de siembra entre híbridos establece que se pueden obtener buena calidad dado que aportan concentraciones idóneas que puedan favorecer la parte nutrimental al consumirlos en diferentes subproductos de maíz ya sea en consumo fresco como elote, tortillas, tamales, tlacoyos, totopos inclusive cereales en estado de Guanajuato y otras entidades federativas de México. Sin embargo, en necesario seguirlos evaluando, comparándolos con otros tipos de maíces de color que son clave a la aportación nutrimental humana como estrategias que favorezcan el cultivo de maíz en la región centro de México en específico.

## REFERENCIAS

Albino-Garduño, R., Turrent-Fernández, A., Cortés-Flores, J. I., González-Estrada, A., Mendoza-Castillo, M. C., Volke-Haller, V. H., & Santiago-Mejía, H. (2016). Optimización económica de N, P, K y densidades de plantación en maíz y frijol intercalados. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 993-1004. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i5.226>.

Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., López-López, C., Zamudio-González, B., & Mora-García, K. (2023). Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México. *Revista Terra Latinoamericana*, 41, 1-15. 1577. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1577>

Association of Official Analytical Chemist. (2012). Official methods of analysis, Association of Official Analytical Chemist International. Arlington, Tx. USA. (15th ed). <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>.

Alegría-Marroquín, J., Castillo-Ruiz, O., & Saldaña-Trinidad, S. (2020). Caracterización fisicoquímica de maíz (*Zea mays* L.) pigmentado para potenciar su consumo. *Revista Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 272-276. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/4/54.pdf>

Arenas-Ochoa, E. G., Herrera A. A. O., & Ligarreto-Moreno, G. A. (2022). Physicochemical properties of fresh floury corn kernels affected by refrigeration and packaging. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(3), 2517. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol23\\_num3\\_art:251](https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num3_art:251)

Bautista, R. E., Salinas, M. Y., Santacruz, V. A., Córdova, T. L., & López, S. H. (2019). Características físicas y químicas de la raza de maíz Palomero Toluqueño. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2). <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.1604>

Blanco-Valdés, Y., & González-Viera, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Cultivos Tropicales*, 42(3), 1-13. <http://orcid.org/0000-0002-6325-1005>

Broa, R. E., Vázquez, C. M. G., Estrella, C. N. G., Hernández, S. J. H., Valverde, R. B. & Bahena, D. G. (2019). Características fisicoquímicas y calidad de la proteína de maíces nativos pigmentados de Morelos en dos años de cultivo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10 (3). <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.481>

Canales-Islas, E. I., Tadeo-Robledo, M., Mejía-Contreras, J. A., García-Zavala, J. J., & Espinosa-Calderón, A. (2017). Semilla fértil y androestéril de maíz bajo diferentes densidades de población. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 12(4), 465-473. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.997>

Chura, J., & Tejada, J. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de la Molina, Perú. *Revista Idesia*. 32(1), pp. 113-118. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100014>

Fayeun, L. S., Alake, C. G., & Akinlolu, O. A. (2018). GGE biplot analysis of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*) landraces evaluated for marketable leaf yield in Southwest Nigeria. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 17 (4): 416–423. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.10.001>

García-Campos, A. U., Cruz-Monterrosa, R. G., Rayas-Amor, A. A., Jiménez-Guzmán, J., Fabela-Morón, M. F., Salgado-Cruz, M. P., Cortés-Sánchez, A. J., Villanueva-Carvajal, A., & Díaz-Ramírez, M. (2020).

Caracterización físico-química de maíz (*Zea mays* L.) criollo (azul y rojo) del Estado de México. *Revista Agro productividad*. 13(7), julio. 95-100 p. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1728>

García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Ed. UNAM. Instituto de Geografía. México, D. F. (6th ed). <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251>

Guzmán, H. M. S., Vázquez, C. M. G., Aguirre, G. J. A., & Serrano, F. I. (2015). Contenido de ácidos grasos, compuestos fenólicos y calidad industrial de maíces nativos de Guanajuato. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(2): 213-222. [www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n2/v38n2a12.pdf](http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n2/v38n2a12.pdf)

Johnson R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Pearson Prentice Hall. N. J. (6th ed). <https://www.webpages.uidaho.edu/~stevel/519/Applied%20Multivariate%20Statistical%20Analysis%20by%20Johnson%20and%20Wichern.pdf>

Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvao, J. C., Vázquez-Carrillo, G., & Turrent-Fernández, A. (2018). Rendimiento de híbridos de maíz grano blanco en cinco localidades de Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1447-1458. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1357>

Quevedo, Y. M., Beltrán, J. I., & Barragán-Quijano, E. (2018). Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento y rentabilidad de un híbrido de maíz en condiciones tropicales. *Revista Agronomía Colombiana*, 36(3), 248-256. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v36n3.71268>

Rouf, S. T., Prasad, K., & Kumar, P. (2016). Maize A potential source of human nutrition and 613 health: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), <https://doi.org/1166995.10.1080/23311932.2016.1166995>

Salinas, M. Y., Aragón, C. F., Ybarra, M. C., Aguilar, V. J., Altunar, L. B., & Sosa, M. E. (2013). Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 36(1): 23-31. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802013000100003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000100003)

Statistical Analysis System Institute. (2020). *The SAS system for Windows user's guide (Release 9.4.)*. SAS Institute Inc. <https://www.statisticssolutions.com/dissertation-resources/statistical-analysis-software-sas/>

Su, W., Ahmad, S., Ahmad, I., & Han, Q. (2020). Nitrogen fertilization effects maize grain yield through regulating nitrogen uptake, radiation and water use efficiency, photosynthesis and root distribution. *Peer J*. 8 (1), 1-21. <https://peerj.com/articles/10291/>

Urango, M. L. A. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. En: *Algunos componentes generales particulares y singulares del maíz en Colombia y México*. Edit. Gloria Marcela Hoyos Gómez. *Revista Universidad de Antioquía*. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/336229>

United States Department of Agriculture-Foreign Agricultural Service. (2022). Producción mundial de granos y cereales. <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>

Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Martínez-Rodríguez, N., & Turrent-Fernández, A. (2016). Índice de cosecha con macro-nutrientes en grano de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1077-1089. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263142146006>

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons .



### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen al financiamiento otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a la estudiante como autor principal en el programa de Posgrado de Producción y Tecnología de Semillas del Tecnológico Nacional de México-campus Roque en Celaya, Guanajuato, México.