

PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA DE CULTIVARES DE MAÍZ NATIVO DE COLORES ^a

PRODUCTION AND DISTRIBUTION OF BIOMASS FROM NATIVE COLORED CORN CULTIVARS

Quintero-Bastida, S.L.*; Escalante-Estrada, J.A.S.

*Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco.
56264, Montecillo, Texcoco, Edo. Méx., México.*

** E-mail: quinterolucia632@gmail.com*

Fecha de envío: 19, mayo, 2025

Fecha de publicación: 20, septiembre, 2025

Resumen:

El maíz sustenta la seguridad alimentaria de México. Sin embargo, la información sobre la acumulación y distribución de biomasa de los maíces nativos en las diferentes estructuras de la planta es limitada. El objetivo del presente estudio fue evaluar la producción, acumulación y distribución de biomasa, así como el rendimiento de grano, en cinco cultivares de maíz nativo de diferentes colores. En Montecillo, Estado de México, durante el ciclo primavera-verano 2024 se establecieron cinco cultivares de maíz nativo bajo condiciones de temporal. En un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y una densidad de 41, 600 plantas ha⁻¹. A los 120 días después de la siembra se registró la altura de planta, índice de verdor, temperatura del dosel y radiación interceptada. En la cosecha se determinó la biomasa seca en raíz, tallo, vaina, lámina y grano, además de la biomasa total por planta. Los datos se analizaron mediante ANDEVA y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los resultados mostraron diferencias significativas para las variables evaluadas en los cinco cultivares. El maíz rojo mostró la mayor altura de planta (324 cm) y radiación interceptada de 92 %. El maíz negro asignó el 25% de su biomasa a la raíz. Aunque no se observaron diferencias significativas en el peso de grano, la biomasa por planta fue diferente entre genotipos. El cultivar rosa presentó la mayor biomasa (427 g planta⁻¹) y destinó más del 60 % al tallo, en contraste, el maíz amarillo registró la menor biomasa total (258 g) y la menor biomasa radicular (32 g). Los cultivares de maíz nativo evaluados mostraron diferencias en la producción, acumulación y distribución de biomasa. Esta variabilidad entre genotipos representa un recurso valioso para el mejoramiento y aprovechamiento integral de la planta, en función de usos específicos.

Palabras clave: radiación interceptada, materia seca, estructuras morfológicas del maíz.

^a Tesis de maestría.

Abstract:

Corn sustains food security in Mexico. However, information on the accumulation and distribution of biomass in native corn varieties across different plant structures is limited. The objective of this study was to evaluate biomass production, accumulation, and distribution, as well as grain yield, in five native corn cultivars of different colors. In Montecillo, State of Mexico, during the spring-summer cycle of 2024, five native corn cultivars were established under rainfed conditions. A randomized complete block design with four replicates and a density of 41,600 plants ha^{-1} was used. At 120 days after planting, plant height, greenness index, canopy temperature, and intercepted radiation were recorded. At harvest, dry biomass in roots, stems, pods, leaves, and grains was determined, as well as total biomass per plant. Data were analyzed using ANDEVA and Tukey's test ($\alpha = 0.05$). The results showed significant differences for the variables evaluated in the five cultivars. Red corn showed the highest plant height (324 cm) and intercepted radiation of 92%. Black corn allocated 25% of its biomass to the root. Although no significant differences were observed in grain weight, biomass per plant differed between genotypes. The pink cultivar had the highest biomass (427 g plant^{-1}) and allocated more than 60% to the stem. In contrast, yellow corn had the lowest total biomass (258 g) and the lowest root biomass (32 g). The native corn cultivars evaluated showed differences in biomass production, accumulation, and distribution. This variability among genotypes represents a valuable resource for the improvement and comprehensive use of the plant, depending on specific uses.

Keywords: intercepted radiation, dry matter, morphological structures of corn.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo agrícola más importante en México. De los 22 millones de hectáreas de superficie agrícola nacional, aproximadamente el 32% se destina a la siembra de este cultivo (SIAP, 2023).

Además de ser base de la alimentación mexicana, pues con los granos de maíz se elaboran múltiples alimentos como las tortillas, tamales, pozole y palomitas. El maíz tiene un amplio uso en la industria para la obtención de almidón, fructosa, dextrosa y bebidas alcohólicas. A nivel mundial, su principal uso es para la alimentación animal como componente principal de alimentos balanceados, así mismo se usa para la elaboración de bioetanol (Fernández-Suárez et al., 2013).

Otras estructuras de la planta se usan para diferentes fines: las hojas y brácteas se emplean como envoltorios para tamales, el olote como combustible, el tallo y las hojas completas como forraje verde o ensilado; además algunos maíces nativos se usan para la producción de huitlacoche. Las raíces se pueden incorporar al suelo después de la cosecha o se destinan al compostaje.



El rendimiento de un cultivo está determinado en gran medida por la fotosíntesis, proceso responsable de la acumulación de materia seca. Este proceso depende de factores externos como radiación solar y la capacidad del cultivo para interceptarla (Díaz-López et al., 2011). La materia seca acumulada representa la fotosíntesis neta, es decir, la ganancia de biomasa después de descontar la inversión por respiración y fotorrespiración (Escalante y Kohashi, 2023).

Es importante conocer cómo se distribuye la biomasa en las distintas estructuras de la planta de maíz, ya que cada una puede tener uso comercial o funcional. En otros cultivos como el girasol cv. Victoria mejorado, se ha reportado una mayor acumulación de biomasa en el tallo, seguido del grano, receptáculo y hojas (Escalante-Estrada et al., 2022). Este estudio se ubica dentro del tema de agricultura regenerativa puesto que además de conocer la producción de las estructuras de la planta, se conoce la cantidad de materia seca que aporta el sistema radical para conservar y mejorar el suelo.

Debido a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la producción, acumulación y distribución de biomasa, así como el rendimiento de grano, en cinco cultivares de maíz nativo de diferentes colores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano 2024 en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México (19° 29' N, 98° 53' O y 2,250 msnm), de clima templado Cw (García, 2005). En un suelo de textura franco arcillo-arenoso, pH de 8.1, conductividad eléctrica de 0.42 dS m⁻¹, contenido de materia orgánica de 2.8%, niveles moderados de nitrógeno como N-NO₃⁻ (10.8 mg/kg) y alto contenido de fósforo (53.5 mg/kg).

En condiciones de temporal, se sembraron cinco genotipos de maíz nativo, originarios de los Valles Altos del centro de México. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 0.80 m de ancho y 5 m de largo. Los dos surcos centrales se consideraron como la parcela útil. La densidad de siembra fue de 41, 600 plantas ha⁻¹.



Los cinco cultivares de maíz nativo pertenecen a la raza Cónicos según la clasificación de la CONABIO (2020), y se diferenciaron por el color del grano: T1) negro, T2) amarillo, T3) blanco, T4) rojo y T5) rosa. Se sembraron tres semillas por mata, con un espaciado de 0.30 m entre matas y 0.80 m entre surcos. Posteriormente, se hizo un aclareo para dejar una planta por mata.

La fertilización fue con la dosis 150N–100P–60K, de la cual se aplicó la mitad del nitrógeno y el total del fósforo en la siembra; el resto del nitrógeno y todo el potasio se aplicaron durante la escarda. El control de maleza se realizó manualmente y no se presentó incidencia de plagas durante el experimento.

Durante el desarrollo del estudio se registraron la temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) decenal y la suma de la precipitación (mm). Los datos fueron proporcionados por la estación agrometeorológica del Colegio de Postgraduados y se documentó la ocurrencia de las fases fenológicas: días a emergencia (E), floración femenina (R1) y a madurez fisiológica (R6), de acuerdo con el criterio de Ritchie y Hanway (1982). A los 120 después de la siembra se registraron las siguientes variables: altura de la planta (cm), índice de verdor (IV) con un SPAD, temperatura del dosel ($^{\circ}\text{C}$) con un termómetro láser y la radiación interceptada (RI, %) mediante el sensor lineal de radiación fotosintéticamente activa (RFA) con la siguiente ecuación:

$$RI = [1 - (rad/rsd)] * 100$$

Donde RI % = radiación interceptada; rad = radiación por debajo del dosel; rsd = radiación por encima del dosel.

En la cosecha se evaluó la acumulación de materia seca (g) en las diferentes estructuras de la planta: raíz (PSR), tallo (PST), vainas (PSV), láminas (PSL), grano (PG) y biomasa por planta (B). La distribución de materia seca en las estructuras de la planta se calculó con el planteamiento: Distribución (%) = (materia seca en la estructura / la materia seca total) x 100. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA), prueba de Tukey al 5% con el paquete SAS 9.0 (SAS Institute Inc., 2011).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 presenta la temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$) y temperatura mínima ($T_{mín}$) promedio decenal y la precipitación decenal durante el ciclo del cultivo. La $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{mín}$ promedio fue de 26 °C y 7 °C, respectivamente, con una precipitación acumulada de 299 mm. Existió variabilidad en la ocurrencia de las etapas fenológicas entre los cultivares, excepto en la emergencia (E), la cual ocurrió los 7 dds en todos los cultivares.

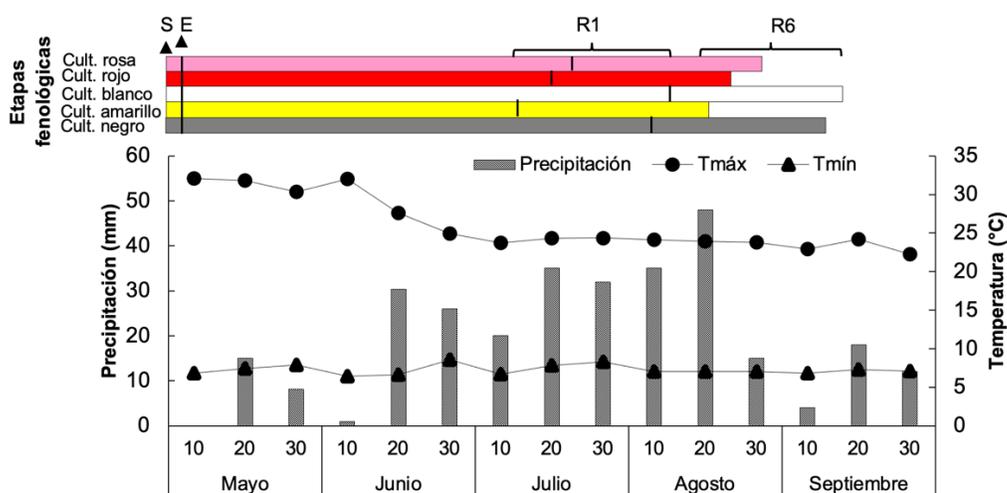


Figura 1. Precipitación acumulada decenal, temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$) y mínima ($T_{mín}$) promedio decenal, durante el desarrollo del cultivo. Cult: cultivar, S: siembra, E: emergencia, R1: floración femenina y R6: madurez fisiológica.

Figure 1. Decadal accumulated precipitation, maximum (T_{max}) and minimum (T_{min}) temperature, during crop development. Cult: cultivate, S: sowing, E: emergence, R1: female flowering, and R6: physiological maturity.

El cultivar amarillo presentó el ciclo más corto, la floración femenina (R1) ocurrió a los 75 dds y la madurez fisiológica (R6) a los 110 dds, mientras que el cultivar blanco fue el más tardío, con la R1 a los 105 dds y la R6 a los 140 dds. Los maíces de grano blanco se destinan principalmente a la producción de tortillas y a la comercialización del grano. Estos cultivares muestran rendimientos superiores y un ciclo vegetativo más largo, por lo que su siembra debe realizarse con mayor anticipación. En cambio, los maíces de tonalidades amarillas y doradas se establecen en fechas posteriores a los blancos porque su ciclo es más corto (Sangermn-Jarquín et al., 2018).

Se observaron diferencias significativas ($p < 0.001$) entre genotipos para todas las variables evaluadas: índice de verdor (IV), temperatura del dosel, radiación interceptada (RI) y altura de planta (Cuadro 1).

La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) indicó que el cultivar rojo mostró la mayor altura (324 cm) e índice de verdor (62 SPAD), lo cual sugiere un mayor contenido de clorofila y, posiblemente, una mayor capacidad fotosintética. Estos resultados difieren de los reportados por Mendoza-Elos et al. (2006), quienes registraron valores superiores (65-63 unidades SPAD) en maíz. Esta diferencia podría atribuirse a: las mayores densidades de población de su estudio (70,000-80,000 plantas/ha vs. 41,600 plantas/ha en este estudio), y al momento de medición (90 vs. 120 días después de la siembra), ya que el índice de verdor disminuye durante el desarrollo fenológico avanzado del cultivo. El maíz rosa registró los valores más bajos tanto en altura como en índice de verdor (48 SPAD), sin embargo, valores de índice de verdor alrededor de 50 unidades SPAD, determinan un valor adecuado de clorofila para un buen rendimiento de grano de maíz. Como valor crítico para el maíz se consideran 35,3 unidades SPAD (Castellanos-Reyes et al., 2017).

En cuanto a la temperatura del dosel, el cultivar negro mostró la más baja (26°C), lo que podría indicar un mejor estado hídrico. En RI, el maíz rojo interceptó el mayor porcentaje de radiación (92%), lo cual es coherente con su mayor altura, índice de verdor y biomasa total, lo que sugiere un dosel más denso y eficiente para capturar la luz. Resultados similares fueron reportados por Díaz-López et al. (2011) quienes observaron que una menor interceptación de la radiación en los cultivares de maíz Amarillo Almoloya y Cóndor se tradujo en menor acumulación de materia seca.

El maíz rosa interceptó el menor porcentaje de radiación con 65%. Para incrementar el rendimiento de grano de maíz, es importante incrementar la cantidad de radiación interceptada (RI) (Morales-Ruiz et al., 2018).



Cuadro 1. Índice de verdor, temperatura del dosel, radiación interceptada y altura de planta en cinco cultivares de maíz nativo.

Table 1. Greenness index, canopy temperature, intercepted radiation, and plant height in five native corn cultivars.

Tratamiento	Índice de verdor (Unidades SPAD)	Temperatura del dosel (°C)	RI%	Altura de planta (cm)
T1) Maíz negro	58b	27a	79d	293b
T2) Maíz amarillo	58b	24c	89a	310b
T3) Maíz blanco	51c	25c	86b	362a
T4) Maíz rojo	62a	24c	90a	324ab
T5) Maíz rosa	48d	26a	83c	280c
Prob F	***	***	***	***
CV%	1.4	2.7	0.9	8.7

***, **, * P < 0.001, 0.01, 0.05 respectivamente. NS = No significativo. En las columnas, valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Tukey, $\alpha = 0.05$). RI = radiación interceptada. CV= coeficiente de variación.

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.001$) en la producción de biomasa de las distintas estructuras vegetativas y en la biomasa total entre los cinco cultivares de maíz nativo. La prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) no mostró diferencias significativas en el peso de grano (PG) entre cultivares (Cuadro 2).

El maíz negro registró el mayor peso seco de raíz (91 g), lo cual sugiere una mayor inversión en estructuras subterráneas, posiblemente asociada con una mayor capacidad para absorber agua y nutrientes. En contraste, el maíz amarillo presentó el valor más bajo en biomasa radical (32 g), asociado a que es un cultivar de ciclo corto o precoz (Tadeo-Robledo et al. 2012).

Respecto al crecimiento caulinar, el maíz rosa destacó con el mayor peso seco de tallo (280 g). A pesar de ser el cultivar de menor altura, este resultado indica un tallo más grueso, lo que podría traducirse en mayor resistencia al acame debido a su dosel bajo y robustez estructural.



Cuadro 2. Biomasa en las diferentes estructuras de la planta de cinco cultivares de maíz nativo.

Table 2. Biomass in the different plant structures of five native corn cultivars.

Cultivar	PSR (g)	PST (g)	PSV (g)	PSL (g)	PG (g)	B (g)
T1) Maíz negro	91a	183c	31c	44b	108a	349b
T2) Maíz amarillo	32d	148d	34c	44b	95a	258c
T3) Maíz blanco	54c	242b	47a	67a	123a	410a
T4) Maíz rojo	72b	229b	46a	59a	134a	407a
T5) Maíz rosa	43cd	280a	40b	65a	94a	427a
Prob F	***	***	***	***	*	***
CV%	5.8	12.8	10.8	9.7	25	9.2

***, **, * P < 0.001, 0.01, 0.05 respectivamente. NS = No significativo. CV= coeficiente de variación. En las columnas, valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (Tukey, $\alpha = 0.05$). PSR = peso seco de raíz; PST = peso seco de tallo; PV = peso seco de vaina; PSL = peso seco de lámina; PG = peso de grano; B = biomasa por planta.

En cuanto al peso seco de vaina, los cultivares blanco y rojo presentaron los valores más altos, 47 y 46 g, respectivamente, lo que indica una mayor asignación de biomasa a estructuras reproductivas accesorias. La producción de biomasa en las láminas foliares fue similar entre los cultivares blanco, rojo y rosa, lo que indica un desarrollo foliar comparable que podría favorecer la capacidad fotosintética. Un aumento en el área foliar de las plantas mejora la captación de luz solar, lo cual favorece la actividad fotosintética y, como resultado, incrementa la producción de fotoasimilados necesarios para el crecimiento vegetal y la formación de frutos. En este contexto, el índice de área foliar (IAF) es un parámetro clave para describir y predecir el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos (Reis et al., 2013).

Aunque no se observaron diferencias significativas en el peso de grano, sí hubo variación en la biomasa total acumulada. Los cultivares rosa, blanco y rojo fueron los que presentaron mayor biomasa por planta con 427, 410 y 407 g, respectivamente. Por el contrario, el maíz amarillo registró la biomasa por planta más baja (258 g), posiblemente debido a su ciclo fenológico más corto. La siembra de genotipos de ciclo corto tiene ventajas en sitios con limitada

precipitación y ocurrencia de heladas tempranas especialmente en siembras tardías (Tadeo-Robledo et al., 2012).

La variabilidad observada en la asignación de biomasa entre los diferentes cultivares de maíz nativo coincide con lo reportado por Muñoz (2005) y Rocandio-Rodríguez et al. (2014), quienes documentan una amplia diversidad fenotípica y genética entre poblaciones nativas de maíz, lo que se traduce en diferencias en atributos agronómicos como altura, producción de grano y asignación de biomasa en las diferentes estructuras vegetativas. Esta diversidad representa un recurso estratégico para seleccionar genotipos con características específicas, ya sea para su uso en sistemas de producción intensivos, agricultura de conservación o mejoramiento genético. Además, como sugiere Dhugga (2007), existen materiales capaces de combinar rendimientos altos tanto de rastrojo como de grano, lo cual resulta especialmente valioso en esquemas de aprovechamiento integral del cultivo, donde la biomasa no destinada al grano puede tener usos como forraje.

La distribución de la biomasa en diferentes estructuras de la planta (raíz, tallo, vaina, lámina y grano) en cinco cultivares de maíz nativo de colores (Figura 2).

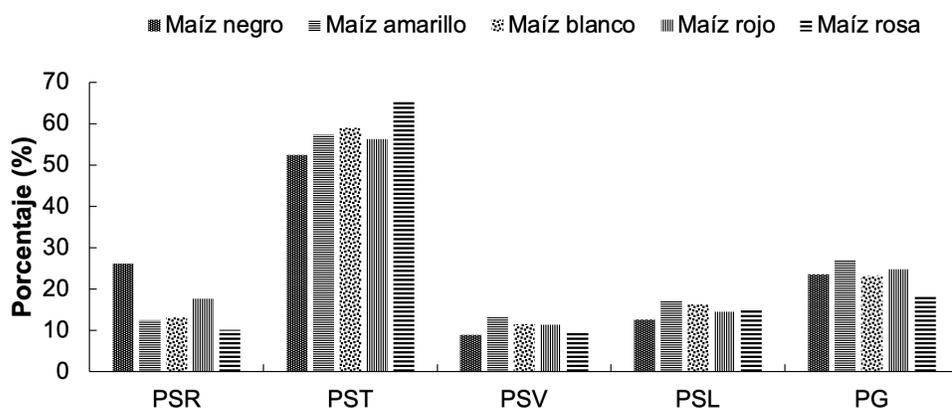


Figura 2. Distribución de biomasa en las diferentes estructuras de la planta de cinco cultivares de maíz nativo. PSR = peso seco de raíz; PST = peso seco de tallo; PV = peso seco de vaina; PSL = peso seco de lámina; PG = peso de grano.

Figure 2. Distribution of biomass in the different structures of the plant of five native corn cultivars. PSR = root dry weight; PST = stalk dry weight; PV = pod dry weight; PSL = lamina dry weight; PG = grain weight.

El maíz negro asignó aproximadamente el 25% de su biomasa total a la raíz lo que podría indicar una estrategia adaptativa enfocada en la exploración del suelo, posiblemente favoreciendo la absorción de agua y nutrientes en condiciones de temporal. En contraste, los demás cultivares invirtieron menos del 15% en esta estructura. En cuanto al tallo, todos los cultivares asignaron alrededor del 50% de su biomasa, excepto el cultivar rosa quien asignó más del 60%, lo que sugiere un crecimiento vegetativo más robusto. Esta mayor inversión estructural podría estar relacionada con su mayor biomasa total observada en el Cuadro 2, así como con una posible ventaja mecánica frente al acame.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Tollenaar et al. (2006), quienes indican que el rastrojo puede representar hasta el 50 % de la biomasa aérea total de maíz. Además, Lorenz et al. (2009) señalan que una mayor producción de rastrojo no necesariamente reduce el rendimiento de grano. Esto sugiere que existen genotipos con potencial de doble propósito. En el caso del cultivar rosa, su alta asignación de biomasa al tallo, junto con un rendimiento de grano comparable al de otros cultivares, respalda esta posibilidad. Dado que las poblaciones nativas de maíz presentan amplias variaciones en sus atributos agronómicos (Muñoz, 2005; Rocandio-Rodríguez et al., 2014), es posible identificar genotipos que combinen alto rendimiento de biomasa y grano (Dhugga, 2007).

La asignación de biomasa a la vaina fue relativamente baja en todos los cultivares, con valores cercanos al 10%. Esta limitada inversión puede explicarse por el hecho de que la vaina constituye una fracción basal de las hojas, por lo que su desarrollo representa una menor demanda estructural en comparación con otras partes de la planta. En cambio, la biomasa asignada a las láminas foliares fue más uniforme entre los cultivares, con rangos de 10 a 15%, lo cual representa una inversión clave para la actividad fotosintética, ya que estas estructuras son responsables de la captación de luz y la producción de fotoasimilados. Por su parte, el grano representó entre el 20 y 25% de la biomasa total en todos los genotipos evaluados. Este patrón de asignación es consistente con lo reportado en otros cultivos como girasol (cv. Victoria mejorado), donde la mayor acumulación de biomasa se presenta en el tallo, seguido del grano, el



receptáculo y las hojas (Escalante-Estrada et al., 2022). Este tipo de distribución sugiere una priorización funcional hacia estructuras reproductivas y de soporte, lo cual también se refleja en algunos de los cultivares evaluados en el presente estudio, particularmente en el maíz rosa.

CONCLUSIÓN

Los cultivares de maíz nativo evaluados, mostraron diferencias en la producción, acumulación y distribución de biomasa. Esta variabilidad entre genotipos representa un recurso valioso para el mejoramiento y aprovechamiento integral de la planta, en función de usos específicos.

LITERATURA CITADA

- Castellanos-Reyes, M. A., Valdés-Carmenate, R., López-Gómez, A., & Guridizquierdo, F. (2017). Mediciones de índices de verdor relacionadas con área foliar y productividad de híbrido de maíz. *Cultivos Tropicales*, 38(3), 112–116.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2020). Razas de México. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz> (consultado el 20 de mayo de 2025).
- Dhugga, K. S. (2007). Maize biomass yield and composition for biofuels. *Crop Science*, 47 (6), 2211–2227. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.05.0299>
- Díaz-López, E., Morales-Rosales, E. J., Franco-Mora, O., & Domínguez-López, A. (2011). Atenuación de luz, radiación interceptada y rendimiento de maíz en función del fósforo. *Terra latinoamericana*, 29(1), 65-72.
- Escalante-Estrada, J. A. S. & Kohashi-Shibata, J. (2023). El rendimiento y crecimiento del frijol: manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 84 p.
- Escalante-Estrada, J. A. S., Aguilar-Carpio, C. & Escalante-Estrada, Y. I. (2022). Rendimiento, acumulación y distribución de biomasa en girasol en función de la salinidad y nitrógeno. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(1), e3116.
- Fernández-Suárez, R., Morales-Chávez, L. A. & Gálvez-Mariscal, A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3), 275-283.
- García, E. L. (2005). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a (Ed.). Universidad Autónoma de México (UNAM). D. F., México. 217 p.

- Lorenz, A. J., Coors, J. G., De León, N., Wolfrum, E. J., Hames, B. R., Sluiter, A. D., & Weimer, P. J. (2009). Characterization, genetic variation, and combining ability of maize traits relevant to the production of cellulosic ethanol. *Crop Science*, 49 (1), 85–98. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.06.0306>
- Mendoza-Elos, M., Mosqueda-Villagómez, C., Rangel-Lucio, J. A., López-Benítez, A., Rodríguez-Herrera, S. A., Latournerie-Moreno, L., & Moreno-Martínez, E. (2006). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. *Agricultura Técnica en México*, 32(1), 89–99.
- Morales-Ruiz, A., Morales-Rosales, E. J., Franco-Mora, O., Mariezcurrena-Berasáin, D., Estrada-Campuzano, G., & Mondragón-Tomás, N. H. (2018). Densidad de población en maíz, coeficiente de atenuación de luz y rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (8), 1425–1431. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i8.1098>
- Muñoz, O. A. (2005). Centli maíz (2ª ed.). Editorial América.
- Reis, L. S., Azevedo, C. A., Albuquerque, A. W., & Junior, J. F. (2013). Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(4), 386–391. <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/rZKxNRKvBYjDNfxssShMq6M/?format=pdf&lang=pt>
- Ritchie S. W. y J. J. Hanway (1982) How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, EEUU. Special report No. 48. 21 p.
- Rocandio-Rodríguez, M., Santacruz-Varela, A., Córdova-Téllez, L., López-Sánchez, H., Castillo-González, F., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., & Ortega-Paczka, R. (2014). Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37 (4), 351–361.
- Sangermán-Jarquín, D. M., Gámez-Vázquez, A. J., Navarro-Bravo, A., Ávila-Perches, M. Á., & Schwentesius-Rindermann, R. (2018). Etnografía y prevalencia de maíces nativos en San Juan Ixtenco, Tlaxcala, con énfasis en maíz ajo (*Zea mays* var. *tunicata* A. St. Hil.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4), 451–459.
- SAS Institute Inc. (2011). SAS®93 Guide to Software updates. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México.
- Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Arteaga-Escamilla, I., Trejo-Pastor, V., Sierra-Macías, M., Valdivia-Bernal, R., & Zamudio-González, B. (2012). Productividad de variedades precoces de maíz de grano amarillo para Valles Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7), 1417–1423. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1347/1188>

Tollenaar, M., Deen, W., Echarte, L., & Liu, W. (2006). Effect of crowding stress on dry matter accumulation and harvest index in maize. *Agronomy Journal*, 98 (4), 930–937. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0336>

