

ARTÍCULO ORIGINAL
10.23670/RC.2024.01.01

EFECTO DE LAS ÉPOCAS DE SIEMBRA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) DURANTE EL VERANO 2020/2021

EFFECT OF SEEDING SEASONS ON AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF PURPLE CORN (*Zea mays* L.) DURING SUMMER 2020/2021

Víctor Choque Colque¹; Valentín Lara Saldías¹; José Padilla Ayala¹; Teófilo Salgado Romero¹

¹ Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito.
Correspondencia: victorchoque@uagrm.edu.bo . <https://orcid.org/0009-0004-3450-2663>

RESUMEN

La alta demanda de antocianina a nivel mundial, por sus múltiples beneficios para la salud humana y la diversidad de zonas agroecológicas que tiene Bolivia, justifica la necesidad de explorar la producción de maíz morado en diferentes zonas del departamento de Santa Cruz. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de seis épocas de siembra, sobre las características agronómicas del maíz en los predios de la Facultad de Ciencias Agrícolas (Santa Cruz de la Sierra) durante el verano 2020/2021. El ensayo contempló seis épocas diferentes de siembra (tratamientos), desde diciembre de 2020 a mayo de 2021. Se empleó el diseño experimental de bloques al azar. Las variables estudiadas fueron: Floración (masculina y femenina), altura de planta y de la inserción de la mazorca, y los componentes de rendimiento. Los resultados obtenidos reflejan que la mejor época de siembra ocurre entre diciembre y febrero, los

resultados son favorables en todas las variables evaluadas. Después de la cuarta época las mismas variables evaluadas tienden a decrecer. Se concluye que la mejor época de siembra es la segunda semana de febrero para obtener los mejores rendimientos de grano del maíz morado de la variedad Moragro.

Palabras Clave: Antocianina; Épocas de siembra; Maíz morado; Rendimiento.

ABSTRACT

The high demand for anthocyanin worldwide for its multiple benefits for human health and the diversity of agroecological zones in Bolivia, justifies the need to explore the production of purple corn in different places of the department of Santa Cruz. The objective of this study was to evaluate the effect of six planting seasons on the agronomic characteristics of *Kculli*-type purple corn. The study was carried out in the fields of the Faculty of Agricultural Sciences



(Santa Cruz de la Sierra) during the summer of 2020/2021. The experiment included six different seeding seasons (treatments), from december 2020 to May 2021. A randomized block experimental design was used. The variables studied were: flowering time (male and female), plant and ear insertion height, and yield components. The results obtained show that the best planting season occurs between december and february, since the results are

favorable in all the variables evaluated. After the fourth season, the same variables evaluated tend to decrease. It is concluded that the best planting time is the second week of february to obtain the best grain yields of purple corn of the Moragro variety.

Key Words: Anthocyanin; Planting times; Purple corn; Yield.

Recepción: 18/08/2023

Aceptación: 20/10/2023

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de maíz se incrementó de 600 millones de t en el año 2.000 a 1.150 millones de t en el año 2020, lo que significa que se duplicó la producción en dos décadas. Esto ocurrió como resultado de un incremento en el área de cultivo, que aumentó de 137 a 197 millones de hectáreas y un aumento de rendimiento promedio de 4,3 a 5,8 t/ha, en ese período. Históricamente, el área de producción de maíz más importante del mundo se encontraba en el Centro Norte de Estados Unidos, conocido como el Cinturón Maicero Norteamericano. Sin embargo, en los últimos 20 años se ha incrementado sustancialmente la producción de este cultivo en otras regiones debido a la expansión del área cultivada (Andrade, et al., 2023).

En Bolivia se produce principalmente el maíz amarillo duro y el choclero. La superficie sembrada de maíz amarillo duro, híbridos y variedades comerciales fue de 468080 hectáreas, equivalente al 98 % del total sembrado en Bolivia en la campaña agrícola 2018/2019, mientras que el área sembrada con maíz para choclo alcanzó 9.633 hectáreas, es decir el 2 % del total de maíz sembrado (INE, 2020). La producción del maíz choclero, está concentrada principalmente en las macro regiones de los valles y altiplano. En el caso del departamento de Santa Cruz, el 100 % del maíz choclero se cultiva en las provincias de los valles mesotérmicos (Vallegrande, Manuel María Caballero y Florida) INIAF (2020).

Bolivia es uno de los centros de diversificación del género *Zea*, es así que, en Bolivia, tanto la

producción como el consumo del maíz morado es importante, pero hay pocas investigaciones sobre las antocianinas presentes en las variedades bolivianas (UMSS, 2008). La presencia de antocianinas en las variedades pigmentadas del maíz, lo hace un producto potencial para el suministro de colorantes y antioxidantes naturales. Por ello el estudio de los pigmentos del maíz morado ha despertado un interés sin precedentes. La diversidad genética del maíz se distribuye en razas. En América se han originado el 90 % de todas las razas. Dos factores son la causa de esa gran diversidad: la variación en usos y la gran variación ecológica. La diversidad fenotípica del maíz en la región andina se expresa en una extraordinaria variabilidad en color, tamaño, forma, textura del grano como de la mazorca.

Ortiz (2012) menciona que el maíz morado tipo *Kculli* es una variedad nativa perteneciente al Complejo Racial de los Maíces Harinosos de los valles templados de Bolivia; su característica más sobresaliente es el color morado oscuro de las mazorcas. Su distribución en Bolivia es muy amplia, aunque destacan los cultivos en el departamento de Chuquisaca, en las provincias Zudañez y Tomina. Al respecto, MACIA (2003) señala que su área de distribución se encuentra en los valles de Cochabamba, norte de Chuquisaca, valles de Tarija, Saavedra de Potosí y Manuel María Caballero de Santa Cruz. Se cultiva entre altitudes de 2.000 a 3.400 m s.n.m.

Sobre el maíz morado INIAF (2019), en su catálogo de variedades en la sección que corresponde al cultivo de maíz, indica que tiene registrado 14 materiales, de los cuales cuatro son variedades mejoradas, cinco híbridos y



cinco variedades nativas purificadas; en el último grupo está la variedad Morado Criollo con grano de color morado mediano, textura semivítreo y un ciclo de cinco meses adaptado para los valles de Tarija, Cochabamba, Chuquisaca y Potosí.

El calendario o época de siembra es una herramienta que permite a los agricultores y campesinos conocer cuál es el momento ideal para realizar la siembra de los cultivos. Sobre la producción de maíz en Santa Cruz, ANAPO (2021) menciona que en el verano 2020/2021 el rendimiento promedio fue de 5,01 t/ha y en el invierno 2021 de 2,32 t/ha. Por su parte Cuellar (2022) señala que el calendario de siembra de maíz varía de acuerdo a la zona de producción y el establecimiento de las lluvias, desde 15 de octubre al 15 enero en verano y desde el 15 de marzo a fines de abril en invierno. La época de siembra de maíz *Kculli* en los valles interandinos de Bolivia se efectúa en el mes diciembre, aunque se puede adelantar o retrasar, de acuerdo a la intensidad de las primeras lluvias (Ortiz, 2012). En el caso de maíz morado la cantidad de antocianinas depende del tipo de maíz (genotipo), del órgano de la planta y de las condiciones ambientales donde crezca esta planta (Medina *et al.*, 2020). Con el antecedente señalado de alta demanda de antocianina a nivel mundial, por sus múltiples beneficios para la salud humana, existe una exigua oferta de maíz morado en Bolivia.

En el departamento de Santa Cruz no existe una variedad de maíz morado adaptada a las diferentes zonas agroecológicas, siendo el departamento que produce más del 70 % de los alimentos del país. A todo esto,

se suma que Bolivia, y particularmente el departamento de Santa Cruz, posee una diversidad de zonas agroecológicas aptas para la producción de maíz. Por todo lo señalado, existe la imperiosa necesidad de continuar con la investigación iniciada por el Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito (IIA El Vallecito) dependiente de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) para continuar generando información técnica sobre el maíz morado; los estudios deben comprender la: Adaptación del maíz morado a diferentes pisos ecológicos, épocas de siembra, contenido de antocianina, conservación de semilla, densidades de siembra y otros.

Por lo indicado y los resultados agronómicos favorables obtenidos en diferentes campañas, además de evaluar el efecto de épocas de siembras sobre las características agronómicas del maíz morado tipo *Kculli*, es necesario continuar investigando sobre las características de este tipo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo y material vegetal

El trabajo de investigación se desarrolló en los predios de la Facultad de Ciencias Agrícolas (F.C.A) de la UAGRM ubicada en el km 8.5 al norte de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Geográficamente está ubicada a 17° 70' 53" de latitud sur y 63° 14' 91" de longitud oeste, a una altitud de 380 m s.n.m.

El material vegetal utilizado en la investigación fue la variedad "Moragro" producto de la cosecha de verano 2019/2020 de la localidad de

Mairana. La variedad “Moragro” fue obtenida por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina y enviada al IIA El Vallecito por medio de la empresa AGRO SELLER el año 2017.

Diseño experimental

El estudio fue establecido bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con seis tratamientos o épocas (Tabla 1) y cuatro repeticiones, teniendo un total de 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió de 7 surcos de 5 m de largo por 0,7 m de ancho, es decir, 24,5 m², haciendo un total de 769,42 m² de área experimental.

Preparación del suelo, siembra y cosecha

La preparación del suelo se ejecutó en forma convencional manual, utilizando azadón, con lo que se excavó una profundidad aproximada de 20 a 25 cm. El resultado del análisis de suelo refleja un suelo con textura franco arenosa, con pH neutro; el nitrógeno y la materia orgánica están en concentración baja, lo contrario ocurre con el fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg) que se encuentran en altas concentraciones CIAT (2022).

La siembra se realizó de forma manual, utilizando sembradoras manuales, la distancia entre surco fue de 70 cm con 4 golpes por metro lineal (25 cm) depositando dos semillas por golpe. Cuando las plantas alcanzaron su madurez de cosecha, se realizó la recolección de mazorcas de los tres surcos centrales de cada unidad experimental. Para el trabajo de gabinete se tomaron 20 mazorcas al azar

de cada unidad experimental. Las fechas de siembra y cosecha se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Fechas de siembra y cosecha registradas en el estudio

Épocas	Fecha de siembra	Fecha de cosecha	Días a cosecha
1	10/12/2020	30/3/2021	110
2	08/1/2021	29/4/2021	111
3	08/2/2021	20/5/2021	101
4	08/3/2021	28/6/2021	112
5	09/4/2021	4/8/2021	117
6	07/5/2021	15/9/2021	131

Raleo, control de malezas y fertilización

El raleo, control de malezas y la aplicación del fertilizante se la realizó entre 20 y 25 días después de siembra. El raleo fue para tener una población aproximada de 57.000 plantas por hectárea y las malezas presentes fueron controladas en forma manual. Debido a que el suelo donde fue establecido el ensayo presentó textura franco arenosa, fue necesario aplicar al momento del aporque, el fertilizante de base N P K 20 (triple 20) a razón de 200 kg/ha para todas las unidades experimentales.

Control de insectos y enfermedades

El control de insectos y plagas fue realizado previo monitoreo y daño causado, específicamente la presencia de *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero). Para el control, se utilizó el insecticida Emamectin benzoate (novo) con dosis de 300 g/ha en tres oportunidades en todas las épocas de siembra, utilizado un pulverizador manual debidamente



calibrado. En la quinta y sexta época de siembra, se observó síntomas de *helminthosporium*, para evitar el daño, fue necesario aplicar el fungicida azoxystrobin 80 + Tebuconazole (Xstrata Gold 240 SC) con una dosis de 500 ml/ha.

Los datos de precipitación y temperatura fueron obtenidos de la estación meteorológica Viru Viru dependiente de Senamhi 2020-2021. Para conocer las condiciones físico químico del suelo, se extrajo una muestra del suelo donde se instaló el ensayo, la cual fue enviada al laboratorio del CIAT.

Las variables agronómicas fueron registradas de acuerdo a lo propuesto por CIMMYT (1995). Se registró: días a floración masculina y femenina, días a madurez de cosecha, altura de planta y mazorca, longitud, número de hileras, número de granos y diámetro de mazorca, y rendimiento.

Días a floración masculina y femenina

Para la floración masculina se tomó en cuenta los días transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50 % más uno de las plantas presentaron las panojas desprendiendo polen. Para la floración femenina se tomó en cuenta los días transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50 % de las flores femeninas emitieron los estigmas.

Altura de planta e inserción de mazorca

Para determinar la altura de planta se seleccionaron 10 plantas al azar de los tres surcos centrales de cada unidad experimental,

midiendo desde la base de la planta hasta el punto donde se inicia la hoja bandera de la planta y registrando el dato en centímetros. En las mismas plantas seleccionadas, se determinó la altura de la inserción de la mazorca, desde la base de la planta hasta el nudo donde nace la mazorca más alta.

Longitud, hileras y número de granos por mazorca

Para evaluar estas variables se seleccionaron 20 mazorcas de cada unidad experimental. La longitud de la mazorca se cuantificó en cm, midiendo desde el final del pedúnculo o base hasta el ápice de la mazorca. Posteriormente se contó el número de hileras y el número de granos por hilera de cada mazorca seleccionada.

Rendimiento de grano

El rendimiento de granos de cada unidad experimental fue obtenido por la corrección del peso de granos para 13 % de humedad y ajustado a t/ha mediante la fórmula empleada por Solórzano (2017).

Análisis estadístico

Para determinar la mejor época de siembra se realizó un análisis de varianza en las variables cuantitativas evaluadas, utilizando el paquete estadístico InfoStat 2020. También, se realizó una prueba de comparación de medias utilizando el comparador Tukey al 95 % de probabilidad para todas las variables que resultaron con significancia estadística. Para relacionar las variables dependientes como: diámetro, longitud, número de hileras

y número de granos por mazorca, así como el rendimiento, se hizo un análisis de regresión para modelar la tendencia que existe respecto a las épocas de siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitación y temperatura

La mayor cantidad de lluvia se registra en enero con 568,2 mm, seguida por la de diciembre, las demás épocas (febrero a mayo) presentaron precipitaciones por debajo de los 300 mm, en estas épocas fue necesario realizar la aplicación de riegos suplementarios entre 20 y 25 mm, Durante las 6 épocas de siembra se observó que la temperatura más alta que ocurrió en diciembre con 31 °C y la temperatura más baja fue reportada en julio con 16 °C. Se observó que la temperatura media disminuyó a medida que se retrasó la siembra.

Sobre el requerimiento de agua, CIAT (2008) señala que, a lo largo de su ciclo, el maíz requiere entre 400 y 500 mm de precipitación bien distribuidos de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo. Tolera la falta de agua durante el periodo vegetativo y maduración, no así durante la formación de la inflorescencia, floración, formación de estigmas y polinización; la falta de agua en estas fases origina severas pérdidas de rendimiento. Por su parte Vásquez *et al.*, (2010) menciona que el cultivo de maíz requiere aproximadamente 450 a 500 mm de agua durante todo el periodo vegetativo, pero en mayor cantidad durante la floración y el llenado de grano. Otro rasgo importante de la variedad morada es su mayor

resistencia a periodos más prolongados de sequía, en comparación con otras variedades de maíz (Ortiz, 2012).

Sobre el maíz, Serio (2015) indica que el período crítico para la determinación del rendimiento es la floración, por ello el maíz se torna altamente dependiente de la disponibilidad hídrica en un período que se extiende aproximadamente desde 15 días antes hasta 21 días después de la floración. En esta etapa se fija el número de granos por unidad de superficie, variable estrechamente relacionada con el rendimiento. La cantidad de lluvia registrada durante el ciclo del cultivo fue favorable para las dos épocas iniciales, posteriormente se fue reduciendo y con seguridad que afectó de manera negativa al rendimiento del cultivo.

La temperatura óptima diurna para el crecimiento del maíz oscila entre 21 y 25 °C y la nocturna debe ser mayor a 14 °C, temperaturas extremas, inferiores a 14 °C y mayores a 40 °C, afectan el desarrollo normal del cultivo CIAT (2008). Por su parte, Manrique (1997) indica que el maíz morado se adapta a las condiciones de sierra media que comprende las laderas, valles y mesetas de Perú, localizadas entre los 1.800 y 2.800 m s.n.m., con temperaturas medias anuales de 12 a 20 °C. Con los registros reportados y la literatura consultada sobre la producción de maíz morado, se aprecia que, en las seis épocas de siembra, las temperaturas no fueron favorables. Las temperaturas medias variaron de 22 a 26 °C, este factor probablemente evitó que el maíz manifieste su potencial productivo.



Días a floración masculina, femenina y cosecha

Los días a floración masculina variaron desde 56 a 84 días ($F_{5,15} = 282$; $p = 0,0001$). Cuando se analiza los días a floración masculina por épocas de siembra, la siembra más tardía fue la de mayo, con un promedio de 84 días después de la siembra, en cambio los maíces sembrados en diciembre llegaron a florecer en 56 días después de la siembra (Gráfico 1).

La floración femenina presentó un rango de variación de 58 a 93 días después de la siembra ($F_{5, 15} = 125$; $p = 0,0001$). La siembra de diciembre acusó la menor floración femenina, con un promedio de 58 días, mientras que la siembra de mayo fue la más tardía con un promedio de 93 días (Gráfico 1).

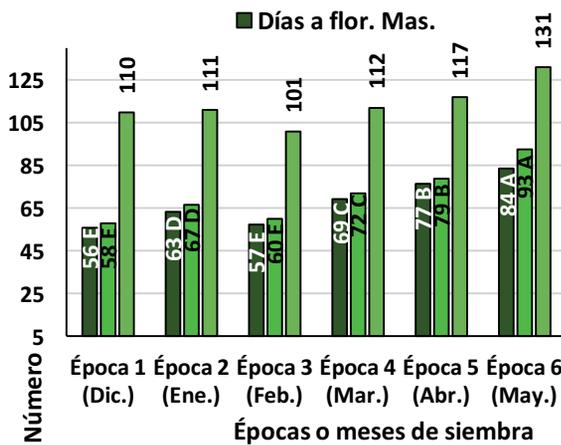


Gráfico 1. Días a floración y cosecha registrados en el estudio

En un estudio de densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado, Pedraza (2017) encontró que la variedad INIA 601 en Perú florece a los

98 días con un ciclo vegetativo entre 5 y 6 meses, posiblemente porque esta variedad se adapta a alturas entre 2.600 y 2.900 m s.n.m., a diferencia de la variedad Caraz PMV-581 sembrada entre 1.200 y 4.000 m s.n.m., donde su floración femenina ocurre de 55 a 60 días después de la siembra.

Sobre la floración en maíz morado, en un estudio de evaluación preliminar de las características agronómicas del maíz morado en dos ambientes contrastantes del departamento de Santa Cruz, Guzmán (2019) señala que la floración masculina ocurre entre 53 y 56 días y la floración femenina entre 57 y 60 días después de la siembra. Los resultados del presente estudio concuerdan con Guzmán (2019) hasta la tercera época o siembra de febrero, posteriormente los días a floración masculina y femenina se incrementaron conforme se fue retrasando la siembra.

Para los días a cosecha (Gráfico 1), no se observa diferencias en las épocas de siembra de diciembre a marzo (101 a 112 días promedio), pero en las siembras de abril a mayo los días a madurez a cosecha se incrementaron considerablemente (117 a 131 días en promedio), probablemente debido a factores como la altitud, temperatura, fotoperiodo y otros, pero los valores reportados son inferiores a lo señalado por INIAF (2019), en cuyo catálogo de registro indica que la variedad Morado Criollo presenta un ciclo de 5 meses.

Altura de planta e inserción de mazorca

La altura de planta para las siembras de diciembre a mayo varía de 95 a 163 cm ($F_{5,15}$

= 33; $p = 0,0001$). La mayor altura de planta se registró en las siembras de enero y febrero, con un promedio de 163 cm, sin diferencia estadística con la siembra de diciembre; por el contrario, la siembra de mayo reportó la menor altura de planta con un promedio de 94,9 cm. El resto de los tratamientos se ubican entre los extremos citados (Gráfico 2).

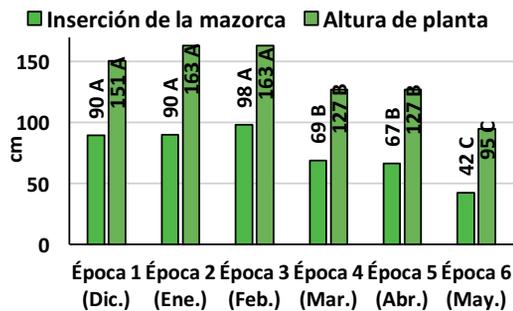


Gráfico 2. Altura de planta e inserción de mazorca (cm) registrado en el estudio

La altura de inserción de la mazorca varía de 42 a 98 cm ($F_{5, 15} = 49$; $p = 0,0001$). La mayor altura de inserción de la mazorca corresponde a la siembra de febrero con 98 cm de promedio, sin encontrar diferencia significativa con las siembras de diciembre (90 cm) y enero (90 cm). Mientras tanto, la menor altura lo registra la siembra de mayo, con un promedio de 42 cm (Gráfico 2).

Al respecto, INIA (2004) señala que la variedad INIA 601 presenta una altura de planta de 2,16 m y una altura de inserción de la mazorca de 1,24 m. Por su parte INIAF (2019) en su catálogo menciona que la variedad Morado

Criollo tiene una altura de planta que varía de 230 a 250 cm.

En un estudio de caracterización morfológica de 28 accesiones de maíz morado realizado a 2.760 m s.n.m., Mamani (2021) reporta alturas de planta mayores a 2,0 m y la inserción de la mazorca superior a 1,0 m.

En un estudio preliminar de las características agronómicas del maíz morado en dos ambientes, Guzmán (2019) reportó que la mayor altura de planta y de mazorca se presentó en Mairana (1,70 y 0,86 m) y la menor altura en El Vallecito (1,29 y 0,55 m, respectivamente). En el presente estudio se observa que en las siembras de enero y febrero existe escasa diferencia y presentan la mayor altura de planta e inserción de mazorca, pero posteriormente ambas alturas se reducen conforme se realiza la siembra más tardíamente (Gráfico 2).

Diámetro de la mazorca

Para las seis épocas de siembra el diámetro de mazorca varió de 2,6 a 3,7 cm ($F_{5,15} = 10$; $p = 0,0002$). Los mayores diámetros de mazorca corresponden a las siembras de diciembre y enero, con promedios de 3,7 cm; en cambio, el menor diámetro de mazorca se registró en la siembra de mayo, con 2,6 cm de promedio. El análisis de regresión ($R^2 = 0,89$) muestra que el diámetro de mazorca se reduce en aproximadamente 89% conforme se demora en realizar la siembra (Gráfico 3).

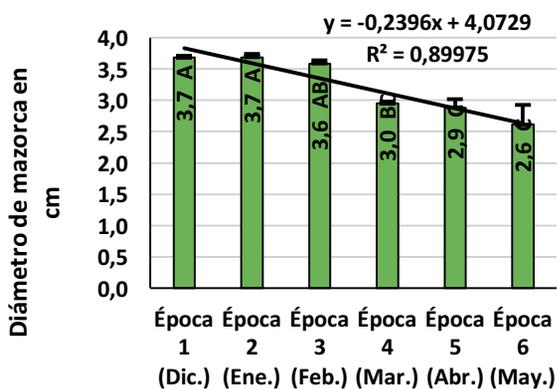


Gráfico 3. Diámetro de mazorca (cm) registrado en el estudio

Sobre el diámetro de la mazorca, Poma (2007) menciona que para maíces morados en condiciones locales de La Molina (Perú) la variedad PMV-581 acusó un promedio de 4,6 cm; Cruzado (2009) reportó 4,82 cm bajo las mismas condiciones para la misma variedad. Por su parte INIA (2004) menciona que la variedad INIA 601 presenta 4,6 cm de diámetro.

Para condiciones de Santa Cruz, Guzmán (2019) menciona que el mayor diámetro de mazorca se registró en la localidad de Mairana con 4,3 cm y en Vallecito presentó 3,0 cm, por su parte Mamani (2021) reportó un diámetro promedio de mazorca de 4,19 cm, con un mínimo de 3,6 cm y un máximo de 4,7 cm. Los resultados obtenidos en el presente estudio son inferiores a los valores obtenidos por los autores mencionados, decreciendo aún más cuando se siembra de marzo en adelante, probablemente afectado por factores como: La altitud, precipitación y temperatura ambiente.

Longitud de la mazorca

La longitud de mazorca presenta una variación de 10,1 a 12,7 cm ($F_{5,15} = 9; p = 0,0004$). La mayor longitud de mazorca se registró en la siembra de febrero, con un promedio de 12,7 cm y la menor corresponde a la siembra de mayo, con un promedio de 10,1 cm. El análisis de regresión ($R^2 = 0,96$) muestra que de enero a abril se obtiene mayor longitud de mazorca (11,8 a 12,7 cm) sin encontrar diferencia significativa con la siembra de diciembre (11,4 cm). En mayo se obtiene la menor longitud de mazorca (10,1 cm), y esta época es similar estadísticamente a la de diciembre (11,4 cm) como se puede apreciar (Gráfico 4).

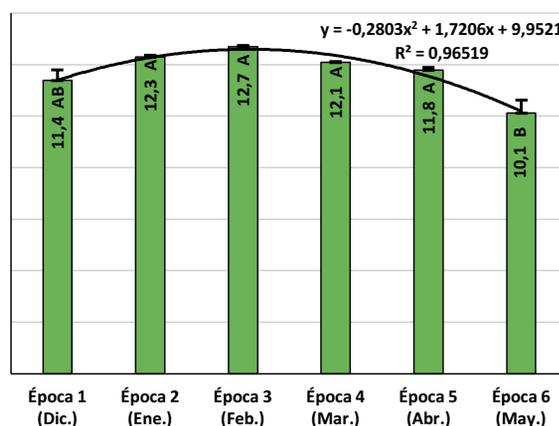


Gráfico 4. Longitud de mazorca (cm) registrado en el estudio

En un estudio de fertilización de maíz morado, Pinedo (2015) encontró que el mayor promedio de longitud de mazorca (13,8 cm) se obtuvo con un nivel de NPK de 120 - 110 - 80 y el menor promedio (12,9 cm) con un nivel de 120 - 90 - 60. Por otra parte, sobre la longitud de mazorca INIA (2018) manifiesta que la variedad INIA 601 presenta una longitud de 17,5 cm.

Sobre la longitud de mazorca INIAF (2019) manifiesta que la variedad Morado Criollo presenta una longitud de 14 cm. Por su parte Guzmán (2019), reportó diferencias mínimas entre ambientes, la mayor longitud de la mazorca fue en Mairana con 14,0 cm con relación a “El Vallecito” que presentó 11,4 cm. Los resultados obtenidos en este estudio son inferiores a los reportados por otros autores. Esto puede ser atribuido a diferentes factores como altitud, precipitación, temperatura ambiente, suelo y otros factores que afectan directamente a los componentes de rendimiento.

Número de hileras por mazorca

Para esta variable el número de hileras por mazorca presenta valores promedio de 11,5 a 12,9 ($F_{5,15} = 8$; $p = 0,0007$). El mayor número de hileras corresponde a la siembra de diciembre (12,9 en promedio) y el menor número a la siembra de mayo (11,5) (Tukey 95 %). Para la misma variable, el análisis de regresión ($R^2 = 0,81$) refleja que el número de hileras se reduce en aproximadamente 81 % conforme se retrasa la época de siembra (Gráfico 5).

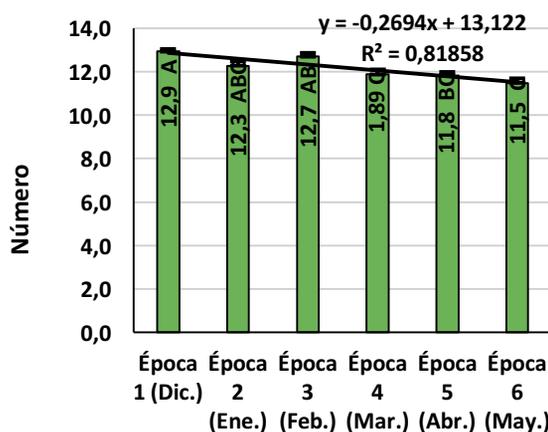


Gráfico 5. Número de hileras por mazorca registrado en el estudio

Sobre el maíz morado tipo *Kculli*, Ortiz (2012) menciona que las mazorcas de maíz morado producidas en los valles templados en Bolivia son medianas a pequeñas de forma cónica, de 10 a 14 hileras. Sobre el particular INIAF (2019) señala en su catálogo que la variedad Morado Criollo presenta en promedio de 12 a 14 hileras por mazorca. Por su parte Mamani (2021) reporta un rango de 10 a 14 hileras por mazorca en un estudio de caracterización morfológica de 28 accesiones de maíz morado realizado a 2.760 m s.n.m. en el valle alto de Cochabamba.

Para el número de hileras por mazorca, Guzmán (2019) sostiene que el ambiente El Vallecito presentó 12,4 hileras por mazorca y el ambiente de Mairana registró 12,3 hileras por mazorca. El resultado alcanzado en el presente trabajo de investigación se ubica entre el rango reportado e inferior a algunos autores.

Número de granos por hilera

El número de granos por hilera presenta un rango de diferencia promedio entre 19,2 y 27,7 granos ($F_{5,15} = 35$; $p = 0,0001$). La mayor cantidad de granos por hilera se registró en las siembras de enero y febrero (27,6 y 27,7 granos respectivamente). El menor número de granos por hilera se encontró en la siembra de mayo (19,2). Los valores de los tratamientos restantes se ubican entre los extremos mencionados (Gráfico 6).

El análisis de regresión ($R^2 = 0,93$) demuestra, cuando la siembra es de diciembre a febrero, el número de hileras tiende a incrementarse. Después de marzo este número decrece conforme se retrasa la siembra (Gráfico 6).

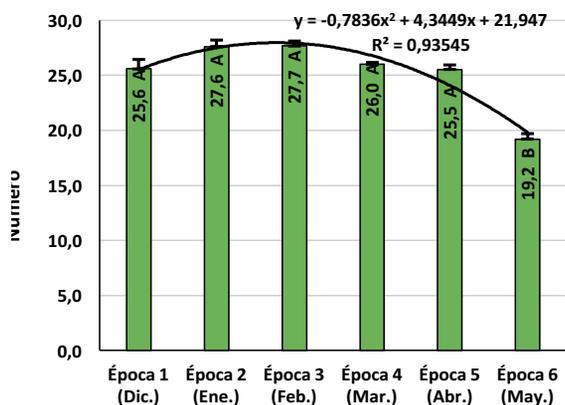


Gráfico 6. Número de granos por hilera registrado en el estudio

Sobre el maíz morado raza *Kculli*, Nogales *et al.*, (2021) señala que la mazorca es de forma cónica cilíndrica, tiene 10 hileras por mazorca con 26 granos por hilera, los granos son de tipo corneo dentado de color negruzco y el marlo es morado con médula blanca. Por su parte, Mamani (2021) en su estudio en el valle alto de Cochabamba reportó un promedio de 26 granos por hilera con un mínimo de 22 y un máximo de 30 granos por hilera. Los valores obtenidos en el presente estudio son similares o mayores a los datos reportados anteriormente, pero se observa que el mayor número de granos por hilera se obtiene con la siembra de febrero (Gráfico 6).

Rendimiento

El rendimiento presenta un rango de 627,6 a 2366,7 kg/ha ($F_{5,15} = 68$; $p = 0,0001$). El mayor rendimiento se registró en la siembra de febrero (2366,7 kg/ha) y el menor en la siembra de mayo (627,64 kg/ha) (Gráfico 7). El análisis de regresión ($R^2 = 0,87$) explica que la mejor época de siembra para obtener altos

rendimientos es la de febrero (2.366,7 kg/ha) sin diferencia significativa con la de diciembre (2.244,5 kg/ha) y enero (2.291,8 kg/ha). De marzo a mayo son las peores épocas de siembra pues el rendimiento se reduce drásticamente de 1255,8 a 627,6 kg/ha (Gráfico 7).

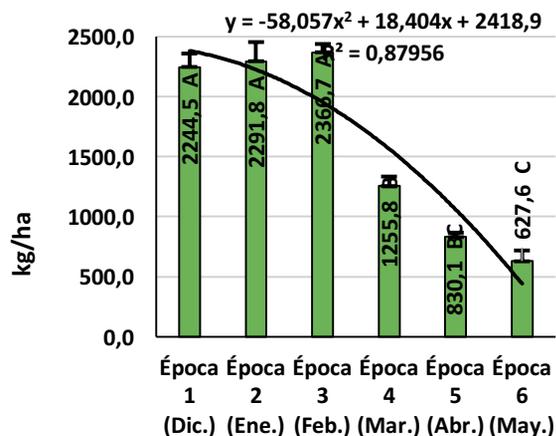


Gráfico 7. Rendimiento (kg/ha) registrado en el estudio

Sobre el rendimiento de maíz morado, en un estudio realizado por INIA (2004) señala que la variedad INIA 601 (Perú) presenta un potencial de rendimiento de 6 t/ha y en campo de agricultores un promedio de 3 t/ha, por su parte, Medina *et al.*, (2020) mencionan que, en la sierra norte de Perú, la variedad INIA 601 con buen manejo agronómico puede lograr rendimientos superiores a 2,8 t/ha de grano, superior al promedio nacional de maíz amiláceo.

Por su parte, Nazar & Mansilla (2016) mencionan que, en evaluaciones realizadas en Córdoba (Argentina) en trabajos de la variedad Moragro, reporta rendimientos promedios de 3,4 t/ha.

Al respecto, en los valles interandinos de Bolivia, Ortiz (2012) menciona que existe una variación de 0,7 a 1,4 t/ha dependiendo de las condiciones climáticas, suelo, manejo y las campañas agrícolas; sostiene que sería la principal desventaja para realizar la siembra en mayor escala comparada con las otras variedades nativas de maíz. Por su parte INIAF (2019) manifiesta que la variedad Morado Criollo registra un rendimiento promedio de 2 t/ha para los valles de Tarija, Cochabamba, Chuquisaca y Potosí.

Por su parte Guzmán (2019) reportó que el mayor rendimiento se encontró en el ambiente de Mairana con 4.822,3 kg/ha, en cambio en El Vallecito presentó 1.311,9 kg/ha de rendimiento. En el presente estudio, los rendimientos obtenidos de marzo a mayo, contrastados con los obtenidos por los autores mencionados, son menores, resaltando que los obtenidos por Medina *et al.*, (2020) provienen de siembras entre octubre y diciembre. Sin embargo, las siembras de diciembre a febrero son similares a lo alcanzado en los reportes mencionados.

CONCLUSIONES

En altura de planta, las siembras de diciembre a febrero presentaron resultados similares, pero a partir de marzo la altura de planta se acortó a medida que se retrasó la siembra. Por su lado la floración (masculina y femenina), ocurre entre 55 y 65 días cuando se siembra entre diciembre y febrero, posteriormente la floración y el ciclo del cultivo tiende a alargarse.

Los componentes de rendimiento se expresaron mejor en las siembras de diciembre a febrero. A partir de marzo estos componentes decrecen. De esta manera se concluye que la segunda semana de febrero es la mejor época de siembra con un rendimiento promedio de 2,4 t/ha, siempre y cuando las condiciones climáticas sean las mismas que las realizadas en el presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, F., Otegui, M., Cirilo, A. y Uhart, S. 2023. Ecofisiología y manejo del cultivo de maíz. 1a ed. - Balcarce. PDF Archivo Digital: descarga ISBN 978-987-88-8326-7.
- Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo ANAPO, 2021. Memoria anual. Evolución de la superficie, rendimiento, producción y precio del maíz de verano e invierno.
- Manual técnico del cultivo de maíz. Santa Cruz de la Sierra Bolivia. 69 p. Centro de Investigación Agrícola Tropical CIAT, 2022. Diagnóstico de fertilidad de suelos. Análisis de muestra del suelo de la huerta de la facultad de ciencias agrícolas. (2008). Santa Cruz Bolivia.
- CIMMYT (1995). 23 Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz.



- Cruzado, L. (2008). Efecto de la fertilización fosforo - potásica en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*). Tesis para optar el título de Ing. agrónomo. Lima, Perú. UNALM. 87.
- Cuellar, D. (2022). Recomendaciones y calendario de siembra por zonas para maíz en Santa Cruz. Desarrollista de Agricomseed. Semillas de maíz y sorgo (Vol. 1). Santa Cruz; Bolivia.
- Evaluación preliminar de las características agronómicas del maíz morado (*Kculli*) (*Zea mays L.*), en dos ambientes contrastantes del departamento de Santa Cruz. (2017). Bolivia: UAGRM. Santa Cruz - Bolivia.
- INIA 601, variedad mejorada de maíz morado para la sierra norte del Perú. Estación Experimental Agraria Baños del Inca - Cajamarca. Cajamarca, Perú. (2004).
- INIA 601, variedad mejorada de maíz morado para la sierra norte del Perú. Boletín técnico de la estación experimental agraria Baños del Inca Cajamarca. (2018).
- Guzmán, O. 2019. Evaluación preliminar de las características agronómicas del maíz morado (*Kculli*) (*Zea mays L.*), en dos ambientes contrastantes del departamento de Santa Cruz, Bolivia verano 2017-2018. Tesis de grado carrera de ingeniería agronómica. UAGRM. Santa Cruz – Bolivia. 49 p.
- Agricultura. (2020, junio 18). Recuperado el 3 de junio de 2024, de INE website: <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>.
- Catálogo de variedades del INIAF al 2019. Dirección Nacional de Innovación. Depósito Legal 4-1-161-19 PO. (2019). La Paz Bolivia.
- Estudio de zonificación para el uso de maíz GM en Bolivia. Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. (2020). 101.
- Mamani, R. (2021). Tesis de grado de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Facultad Integral de Ichilo, Carrera de ingeniería agropecuaria. 64.
- Manrique, A. (1997). El maíz en el Perú. Consejo nacional de ciencia y tecnología (CONCYTEC). Lima, Perú. 362.
- Medina-Hoyos, A., Narro-León, L. A., & Chávez-Cabrera, A. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 291–299.
- Ministerio de Asuntos Campesinos, Indígenas y Agropecuarios MACIA, 2003. Cadenas productivas del maíz. Informe final. La Paz. 189 p.

- Nazar, C., & Mansilla, P. (2016). Primera variedad de maíz morado (*Zea mays L.*) adaptada a Córdoba MORAGRO. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Nogales-Ascarrunz, P., Aliaga-Rossel, E., & Murillo, R. (2021). La diversidad del maíz nativo en Bolivia. Ministerio de medio ambiente y agua. Estado plurinacional de Bolivia. 27.
- Ortiz, A. (2012). Los maíces en la seguridad alimentaria de Bolivia. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA) (Vol. 202). Santa Cruz; Bolivia.
- Pedraza, G. M. (2017). Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (*Zea mays L.*). revista ECI Perú. 14, 20–40.
- Pinedo, T. R. E. (2015). Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el grado de magister scientiae en producción agrícola, Lima- Perú. 106.
- Poma, L. (2007). Efecto de la fertilización química y orgánica con y sin la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays L.*) cv. PMV-581. 74.
- Serio, L. (2015c). Desarrollo y validación de un modelo del sistema suelo-planta-atmósfera para la estimación de la evapotranspiración real del cultivo de maíz. Tesis doctoral. Ciencias Exactas y Naturales (Vol. 170). Buenos Aires, Argentina.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI (Ed.). (2021). Datos climáticos de Santa Cruz Bolivia. Institución técnico científica descentralizada del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- Solórzano, P. (2017). Disponible en: digaloahidigital.com-Ajuste el rendimiento de su cosecha de granos al 12 de humedad.
- Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz (*Zea mays L.*) boliviano. (2008). Cochabamba, Bolivia.
- Vásconez, G., Calvache, A., Diaz, G., & Sabando, F. (2010). Determinación de las necesidades hídricas de tres híbridos de maíz (*Zea mays L.*) bajo el efecto de tres distanciamientos entre hilera. En: Memorias XII Congreso. Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. 17 de noviembre de 2010. Universidad Tecnológica Equinoccial - Postgrados. Santo Domingo, Ecuador. 10 p.
- INFOSTAT, Di Rienzo, JA, Casanoves, F., Balzarini, MG, Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, CW (2020) InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>