

Evaluación agronómica preliminar del maíz morado variedad **Moragro** en dos ambientes de Santa Cruz

Víctor Choque Colque¹; José Padilla Ayala¹; Oscar Guzmán Coya²

¹ Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito,
Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno

² Fundación Trabajo - Empresa

E mail: victorchoquecolque@gmail.com

Resumen. La antocianina vegetal presenta alta demanda mundial por las propiedades antioxidantes, anticancerígenas y otras propiedades benéficas para la salud humana. Para contribuir en atender a esta demanda, el objetivo del trabajo fue evaluar las principales características agronómicas del maíz morado en el verano 2017/2018 en dos ambientes contrastantes: *Vallecito* (380 msnm) y *Mairana* (1365 msnm) del departamento de Santa Cruz. Este estudio se ejecutó entre el Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito” de la UAGRM y la empresa AGRO SELLER SRL. Las parcelas fueron establecidas en enero de 2018, utilizando la variedad **Moragro**, bajo las recomendaciones técnicas para el cultivo de maíz en Bolivia. Las variables evaluadas fueron: días a floración y cosecha, altura de planta e inserción de mazorca y los componentes de rendimiento. Los resultados permiten concluir que **Moragro** es una variedad de ciclo intermedio, con plantas de porte medio a bajo; el rendimiento en grano en *Mairana*, fue superior a los rendimientos que se tiene en las zonas de producción de maíz morado en Bolivia y superior a lo registrado en *Vallecito*. No fue posible evaluar con precisión la tolerancia o susceptibilidad de la variedad a los patógenos e insectos que causan daños en Santa Cruz.

Palabras clave: Antocianinas; Adaptación; Rendimiento

Abstract: Agronomic evaluation of the *Moragro* purple corn variety (*Zea mays* L.), in two contrasting environments of Santa Cruz, Bolivia. Plant anthocyanin is a global demand for its antioxidant, anticancer and other beneficial properties for human health. To contribute this demand, this study was carried out the objective to evaluate the main agronomic characteristics of purple corn in summer 2017/2018 in two contrasting environments Vallecito (380 m a.s.l.) and Mairana (1,365 m a.s.l.) in the department of Santa Cruz. The study was developed between *Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito*, UAGRM and AGRO SELLER S.R.L. Company. The plots were established in January 2018 using the *Moragro* variety under the technical recommendations for the cultivation of corn in Bolivia. The variables evaluated were, days to flowering and harvest, plant height and ear insertion, and yield components. The results allow us to conclude that *Moragro* is an intermediate cycle variety with plants of medium to low size, the yield in Mairana was higher than other production areas in Bolivia, and higher than that recorded in Vallecito. On the other hand, it was not possible to accurately assess the tolerance or susceptibility of the variety to pathogens and insects that cause damage in Santa Cruz.

Keywords: Plant antoncyanin; Yield; *Zea mays*

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) ocupa el primer lugar en la producción mundial de granos, seguido por el arroz y el trigo. Representa una de las fuentes principales de ingreso de medianos y pequeños productores, siendo además el de mayor cobertura geográfica, con una superficie de 185.12 millones de hectáreas sembradas en todo el mundo, y una producción de más de 1018 millones de toneladas (FAO, 2015).

En Bolivia se produce principalmente el maíz amarillo duro y el *choclero*. De acuerdo al INE (2020) 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 gestión 2018/2019, mientras que el área sembrada con maíz para choclo, alcanzó las 9633 hectáreas, es decir el 2% del total de maíz sembrado en Bolivia. Según el INIAF (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).

Bolivia es uno de los centros de diversificación del género *Zea*. La producción como el consumo del maíz morado es importante, pero se ha estudiado muy poco las antocianinas en variedades bolivianas (UMSS, 2008). La presencia de antocianinas en las variedades pigmentadas del maíz, las 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 y textura, tanto 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, el 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 Caballero de Santa Cruz. Se la cultiva entre altitudes de 2000 a 3400 msnm.

La antocianina presente en el maíz morado es un antioxidante natural que retarda el envejecimiento celular, principalmente por los mecanismos de acción de la cianidina-3- β -glucósido, pelargonidina-3- β -glucósido, peonidina-3- β -glucósido, ácidos fenólicos, quercetina y hesperidina (Salinas *et al.*, 2013). Los componentes químicos en el maíz morado son: ácido salicílico, grasas, resinas, saponinas, sales de potasio y sodio, azufre y fósforo, y sus compuestos fenólicos (Arroyo *et al.*, 2010). Los compuestos fenólicos contenidos en el maíz morado, actúan como antioxidantes, secuestrando especies reactivas de oxígeno e inhibiendo las enzimas productoras de radicales libres (Atmani *et al.*, 2011).

Dentro de los compuestos fenólicos, se tiene a las antocianinas; concretamente, pigmentos hidrosolubles ampliamente distribuidos en el reino vegetal (Aguilera *et al.*, 2011).

El color morado del maíz, es debido a los pigmentos que posee (entre 1.5 a 6.0%), llamados antocianinas, que pertenecen al grupo de flavonoides, que se constituyen en poderosos antioxidantes naturales y anticancerígenos, con beneficios cada vez más investigados en el mundo (Guillen *et al.*, 2014). El maíz morado presenta fitonutrientes (o fotoquímicos), que no son ni vitaminas ni minerales, sino sustancias químicas o compuestos dentro los cuales se puede nombrar a los flavonoides, carotenoides, luteína, terpenos, antocianinas, sulfurorafanos, entre muchos otros. Los fitonutrientes se diferencian de las vitaminas y minerales, porque carecen de valor nutricional, sin embargo, actúan como antioxidantes, protegiendo al ADN celular de los efectos dañinos oxidativos de los radicales libres y evitando mutaciones que podrían causar cáncer (Justiniano, 2010).

Ante esta situación la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), por medio de las facultades de: Ciencias Agrícolas (FCA) como Ciencias Exactas y Tecnología, firmó un convenio de trabajo interinstitucional con la empresa AGRO SELLER SRL, para promover estudios de adaptación de maíz morado en Bolivia (en Santa Cruz), desarrollado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina); el estudio del maíz morado comprende inicialmente la evaluación agronómica (adaptación), posteriormente el análisis del contenido de antocianina. Con la información y resultados a ser generados, se tiene previsto registrar a la variedad *Moragro*, como

una nueva variedad, para iniciar la multiplicación de semilla de alta categoría y encarar una producción comercial en el departamento de Santa Cruz. Para ello el *Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito* (IIA) de la UAGRM, tomó la iniciativa de realizar las investigaciones preliminares agronómicas de esta variedad de maíz morado, planteando el objetivo de evaluar las principales características agronómicas del maíz morado (*Moragro*) en dos ambientes contrastantes del departamento de Santa Cruz: *El Vallecito* y *Mairana*, durante la campaña de verano 2017/2018.

Materiales y métodos

Ubicación: El trabajo de investigación fue establecido en dos ambientes de Santa Cruz, el primero en *Vallecito*, ubicado en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, en el km 7.5 al Norte, situado a 17°70'53" de latitud Sur y 63°14'91" de longitud Oeste, a una altitud de 380 msnm. El segundo ambiente fue *Mairana*, que se encuentra a 18°08'40" de latitud Sur y 63°56'432" de longitud Oeste, a una altitud 1365 msnm, en la provincia Florida.

Material vegetal: El material vegetal utilizado fue la variedad *Moragro*, obtenida por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina), a través de seis años de ciclos de selección convergente divergente en diversos ambientes (Nazar y Mancilla, 2016), que fue enviado al IIA "El Vallecito", por la empresa AGRO SELLER SRL, para realizar las primeras investigaciones de adaptación.

Suelos y área experimental: Para conocer el grado de fertilidad del suelo, fue realizado el análisis físico químico en el

Laboratorio de Suelos de la FCA de la UAGRM. Los resultados del análisis mostraron que en *Mairana*, los suelos son de textura franco arcillo arenosa y en *Vallecito* son de textura franca; la materia orgánica en ambos ambientes es moderada, los niveles de nitrógeno son bajos, de fósforo altos y de potasio bajos; el magnesio en *Mairana* es bajo y en *Vallecito* moderado; el sodio es moderado, el pH del suelo, en los dos ambientes, es ácido (LAB-SAP, 2018). El área experimental de los ensayos fue de 396 m² en *Vallecito* y 198 m² en *Mairana*.

Preparación de suelos, siembra, raleo y cosecha: La preparación de suelos en las dos localidades, fue realizada de forma convencional. La siembra fue realizada en enero del año 2018, el 15 en *Vallecito* y 19 en *Mairana*. Para la siembra se utilizó sembradora manual (matraca), dejando caer entre 2 a 3 semillas por golpe, a una distancia de 60 cm entre surcos. A los 20 días después de la siembra se realizó el raleo, dejando aproximadamente 4 plantas por metro lineal para tener una población aproximada mínima de 65000 plantas por hectárea. La cosecha fue de forma manual, recolectando solo las mazorcas; esta labor en *Vallecito* fue realizada el 10 y 11 de junio; en *Mairana* el 28 de junio del 2018, posteriormente fueron embolsadas, identificadas y trilladas por separado.

Control de malezas e insectos plaga: El control de malezas fue realizado utilizando herbicidas como *Nicosulfuron* 75% a razón de 0.1 kg/ha, *Atrazina* a razón de 3 litros/ha y el aporque a 20 días de la siembra, en ambas localidades. El control de insectos, fue realizado con insecticidas como: *Triflumuron* a razón de 1.5 l/ha más *Thiamethoxam* 70%, a razón de 200 g/ha y *Emamectin Benzoate*, a razón de 300 g/ha; estos productos fueron utiliza-

dos en tres oportunidades para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Registro de datos: Los datos climáticos fueron tomados del SENAMHI (2018). Para el registro de las principales variables, en cada ambiente se demarcó cuatro puntos de muestreo, cada punto estuvo compuesto por 10 plantas; el registro de las variables agronómicas fue realizado de acuerdo a lo propuesto por CIMMYT (1985) y el color de grano según el enunciado de Rincón (2011). Los datos registrados fueron: altura de planta y mazorca, mazorcas podridas, longitud e hileras por mazorca, diámetro de mazorca y marlo, peso de 100 granos y rendimiento; los datos obtenidos son presentados como promedio de cada variable.

El trabajo realizado tiene un carácter preliminar, en la medida que los resultados se limitaron a un análisis estadístico descriptivo. No se realizó un análisis inferencial por no contar más que con un tratamiento evaluado (solamente la variedad de maíz morado Moragro), por tanto no se dispone de grados de libertad para un análisis de varianza y su correspondiente comparación de medias.

Resultados y discusión

Precipitación y temperatura: La precipitación en *Vallecito* fue 766 mm y en *Mairana* 497 mm. En *Vallecito* la temperatura más alta se presentó en los meses de febrero a abril, con promedio de 27°C, y la media más baja en los meses de enero y mayo con promedio de 26°C; en *Mairana* las temperaturas fueron menores comparando con *Vallecito*, el promedio más alto se presentó en enero, con 22°C, de febrero a mayo la temperatura bajó a un promedio de 18°C.

Sobre el requerimiento de agua, el CIAT (2008), señala que el maíz requiere a lo largo de su ciclo, entre 400 a 500 mm de precipitación, bien distribuida de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo. Tolerancia la falta de agua durante el periodo vegetativo y maduración, no así durante la formación de la inflorescencia, floración, formación de estigmas y polinización, lo que origina severas pérdidas de rendimiento; el encharcamiento durante la floración, puede reducir hasta un 40% de rendimiento. Por su parte, Vásconez *et al.*, (2010), mencionan que el cultivo de maíz requiere aproximadamente 450 a 500 mm de agua, con mayor cantidad en la etapa de floración y en el llenado de grano. Un rasgo importante de las variedades moradas, es su mayor resistencia a periodos más prolongados de sequía, en comparación con otras variedades de maíz (Ortiz, 2012). Sobre el maíz, Serio (2015), señala 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.

En el caso de los ensayos, la cantidad de lluvia registrada durante el ciclo del cultivo fue favorable, aunque su distribución no fue uniforme, por lo tanto, el rendimiento obtenido en *Mairana* está entre la media general que se registra en las distintas zonas de producción de maíz en el departamento de Santa Cruz, en *Vallecito* el rendimiento fue menor a la media general.

La temperatura óptima diurna para el crecimiento del maíz, oscila entre 21 a 25°C y la nocturna mayor a 14°C, tempe-

raturas 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 del Perú, que comprende las laderas, valles y mesetas, localizadas entre los 1800 a 2800 msnm, con temperatura media anual de 12°C a 20°C. Con los registros realizados y la literatura consultada sobre la producción de maíz morado, se aprecia que en *Vallecito* las temperaturas no fueron favorables (promedio 26.5°C) para que manifieste su potencial productivo; en cambio, las temperaturas registradas en *Miarana* (promedio 19.4°C), favorecieron a un mejor desarrollo, este factor afecta a los componentes de rendimiento.

VARIABLES FENOLÓGICAS

Días a floración y madurez de cosecha:

Se observó diferencias mínimas entre los ambientes, en *Vallecito* se tuvo menor cantidad de días a floración masculina y femenina que en *Mairana* (Figura 1). Contraria a esta tendencia, los días a madurez de cosecha en *Vallecito* fueron mayores que en *Mairana*. Los valores encontrados son inferiores a lo señalado por Mamani (2021) donde, en un estudio de caracterización morfológica de 28 accesiones de maíz morado, realizado a 2760 msnm en el Valle Alto de Cochabamba, reporta que la madurez de cosecha ocurrió a los 6 meses y 6 días después de la siembra. Sobre los días a floración, en un estudio de densidad de siembra y comportamiento agronómico de variedades de maíz morado en Perú, Pedraza *et al.* (2017) reporta 98 días a la floración, con un ciclo vegetativo de 5 a 6 meses para la variedad INIA 601, posiblemente porque esta variedad tolera alturas de 2600 y 2900 msnm.

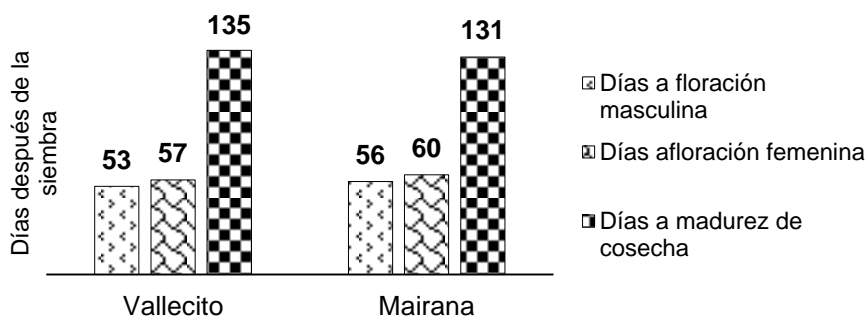


Figura 1. Días a floración y cosecha, registrada en dos localidades para la variedad de maíz morado *Moragro*

A diferencia de la variedad Caraz PVM 581 sembrada a 1200 a 4000 msnm (Perú), en la cual, la floración femenina ocurrió a 55 a 60 días después de la siembra, coincidiendo con los valores registrados en el presente trabajo. Las diferencias encontradas en el ciclo fenológico entre los ambientes, es posible atribuirlos a la altitud, clima y suelo. Los resultados obtenidos permiten calificar a la variedad *Moragro*, como una variedad de ciclo intermedio.

ASPECTOS FENOTÍPICOS

Altura de planta y mazorca, diámetro de mazorca y marlo: La mayor altura de planta se presentó en *Mairana*, también se observa diferencia en la altura de inserción de la mazorca (Cuadro 1).

Sobre la altura planta e inserción de la mazorca, el INIA (2004) señala que la variedad INIA 601 presenta una altura de planta de 2.16 m y la inserción de la mazorca a 1.24 m.

En un estudio de caracterización morfológica de 28 accesiones de maíz morado, realizado a 2760 msnm, Mamani (2021) reporta altura de planta mayor a 2 m y la inserción de la mazorca superior a 1 m. Estos valores son superiores a los registrados en el presente trabajo y permiten

deducir que la variedad evaluada presenta plantas de porte medio a bajo.

Para el diámetro de mazorca y marlo, en el Cuadro 1 se aprecia que el mayor diámetro se registró en *Mairana*. También se observa diferencias en el diámetro de marlo.

Sobre el diámetro de la mazorca, Poma (2007) menciona que para maíces morados, en condiciones locales de *La Molina* (Perú), reportó un promedio de 4.6 cm en la variedad PMV-581; Cruzado (2009) reportó 4.8 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. Los resultados obtenidos en el presente trabajo son inferiores a lo señalado por los autores antes mencionados; esta diferencia se puede atribuir al comportamiento de la variedad en cada ambiente, suelo, altitud y condiciones climáticas.

Longitud e hileras por mazorca: Para la longitud de mazorca y el número de hileras por mazorca, se observa diferencias mínimas entre los ambientes; la mayor longitud se registró en *Mairana*. Para la variable número de hileras por mazorca, los resultados son similares en ambos ambientes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables fenotípicas para la variedad de maíz morado *Moragro*, en dos localidades de Santa Cruz, evaluadas en la campaña de verano 2020-2021

Variables evaluadas	Unidad	Localidades		Promedio
		Vallecito	Mairana	
Aspectos fenotípicos				
Altura de planta	m	1.29	1.70	1.50
Altura de inserción de mazorca	m	0.55	0.86	0.71
Diámetro de mazorca	cm	3.0	4.3	3.6
Diámetro de marlo	cm	1.9	2.8	2.3
Longitud de mazorca	cm	11.4	14.0	12.7
Hileras por mazorca	número	12.4	12.3	12.4

En un estudio de fertilización de maíz morado, Pinedo (2015) reporta que el mayor promedio de longitud de mazorca fue de 13.81 cm con el nivel 120-110-80, y el menor promedio con el nivel 120-90-60, con 12.99 cm.

Sobre el maíz morado tipo *kculli*, Ortiz (2012) menciona que las mazorcas producidas en los valles templados en Bolivia, son medianas a pequeñas, de forma cónica, de 10 a 14 hileras; los granos son grandes, de forma ovoide de color violeta intenso casi negro, y de consistencia harinosa.

Por su parte, Mamani (2021), indica un rango de 10 a 14 hileras por mazorca en un estudio de caracterización morfológica de 28 accesiones de maíz morado, realizado a 2760 msnm en el Valle Alto de Cochabamba. Sobre el maíz morado raza *kculli* (Nogales *et al.*, 2021) señalan 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. El resultado alcanzado en el presente trabajo reporta valores similares a lo mencionado por los diferentes autores.

En otros trabajos de investigación realizados en condiciones de mayor altitud, con maíz morado, Huamán (2001) reporta 9.76 hileras para la variedad INIA 615 (Negro Canaán); De La Cruz (2009) reporta que la variedad PMV-581, alcanzó un promedio de 10.96 hileras por mazorca.

Por otra parte, sobre la longitud de mazorca, INIA (2004) manifiesta que la variedad INIA 601, presenta una longitud de 17.5 cm y entre 10 a 12 hileras por mazorca; estos valores son mayores en longitud de mazorca y menores en número de hileras, en relación a los resultados alcanzados en el presente trabajo.

ASPECTOS AGRONÓMICOS

Mazorcas podridas: En el Cuadro 2 se muestra la evaluación de mazorcas podridas causadas por varios hongos (*Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. y otros); la mayor incidencia fue en *Vallecito*.

Cuadro 2. Variables agronómicas para la variedad de maíz morado *Moragro*, en dos localidades de Santa Cruz, evaluadas en la campaña de verano 2020-2021

Variables evaluadas	Unidad	Localidades		Promedio
		Vallecito	Mairana	
Aspectos agronómicos				
Mazorcas podridas	%	23	20	22
Peso de 100 semillas	g	20.5	29.6	25
Rendimiento en grano	kg/ha	1312	4822	3067

La diferencia en el número de mazorcas podridas, entre ambientes, se atribuye a la alta humedad relativa registrada en *Vallecito*, producto de las precipitaciones; los resultados concuerdan con lo mencionado por Ortiz (2012), quién manifiesta que otro rasgo importante de la variedad, es su mayor resistencia a periodos más prolongados de sequía, en comparación con otras variedades de maíz. Esta característica, a criterio de los productores, se convierte en un problema cuando hay periodos intensos de lluvia, la disminución del rendimiento repercute en los ingresos finales. Otro de los factores observado en este tipo de maíz, es que es muy apetecido por las aves y esto fue un conducto para el ingreso de los principales patógenos que causan la pudrición de la mazorca en planta.

Peso de 100 semillas y rendimiento de grano: En el Cuadro 2 se observa que existen diferencias en el peso de 100 granos; en *Mairana* se presentó el mayor peso; los resultados registrados en el presente trabajo permiten calificar por el tamaño de grano como una variedad con peso de 100 granos bajo, porque el CIMMYT (1985), clasifica como tamaño *pequeño* o *bajo*, a pesos menores a 30 g, *intermedio* entre 30 a 40 g y *alto* cuando es mayor a 40 g.

Al respecto, Nazar y Mancilla (2016), menciona que en evaluaciones realizadas

en Córdoba (Argentina) en trabajos con la variedad *Moragro*, encontró que el peso de 100 granos fue de 35.6 g. De la misma forma, el INIA (2004) menciona que la variedad de maíz INIA 601 (Perú, Sierra Norte) presenta un peso de 45.62 g para 100 granos; los valores mencionados por los autores son mayores a los obtenidos en el presente trabajo; estas diferencias en peso es posible atribuir las a la altitud, condiciones de clima y suelo.

Para el rendimiento en grano, el Cuadro 2 muestra que el mayor rendimiento se registró en *Mairana*.

Sobre el rendimiento en maíz morado tipo *kcully* en Bolivia, Ortiz (2012) menciona que presenta una variación de 0.7 a 1.4 t/ha, dependiendo de las condiciones climáticas, suelo, manejo y las campañas agrícolas; sostiene que este nivel productivo, sería la principal desventaja para realizar la siembra en mayor escala, comparando con las otras variedades nativas de maíz. Por su parte, Nazar y Mancilla (2016), mencionan que en evaluaciones realizadas en Córdoba (Argentina), con la misma variedad, reporta rendimientos promedios de 3.4 t/ha.

Por su parte, en un estudio realizado por el INIA (2004), se indica 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; Me-

dina *et al.*, 2020) mencionan que en la variedad INIA 601 con buen manejo agronómico, se puede lograr rendimientos superiores a 2.8 t/ha de grano, superior al promedio nacional en el Perú, de maíz amiláceo; los rendimientos mencionados por los autores de Perú son similares a los rendimientos obtenidos en el presente trabajo, las diferencias registrada se puede atribuir a la altitud y temperatura, porque el ambiente de *Vallecito* está a 380 msnm y *Mairana* a 1365 msnm, este último con mejores condiciones de altitud y temperatura para la producción de maíz morado.

COLOR DEL GRANO

En el presente trabajo se ha detectado cinco colores de grano (Figura 2), donde predomina el color azul, seguido por el color negro y en menor porcentaje se ubican los colores rojo oscuro y amarillo.

Sobre los colores de grano, Castillo (2018), menciona que el color del maíz morado depende principalmente de la concentración de antocianinas (pigmen-

tos), en un conjunto de granos proteicos, conocidos como aleurona, que es la parte que da color al endospermo del maíz morado.

Específicamente para el maíz morado tipo *kculli*, Ortiz (2012) señala que los granos que no tengan la coloración requerida (descoloridos) para la venta, son destinados a la alimentación de los animales. Por su valor comercial, los productores lo cultivan en superficies mayores en relación a otras variedades de maíz; por esta razón ocupa entre un segundo y tercer lugar en la cantidad de terreno destinado, y según la disponibilidad de recursos, puede representar de 10% a 60% de la superficie total.

Se debe recordar que este tipo de maíces es cultivado exclusivamente en la Cordillera de Los Andes del Perú y Bolivia, tiene un color morado oscuro e intenso y aparentemente si se lo siembra fuera de su hábitat natural, no se obtiene mazorcas del mismo color, probablemente por la temperatura elevada a menor altitud y por la interacción genotipo ambiente.

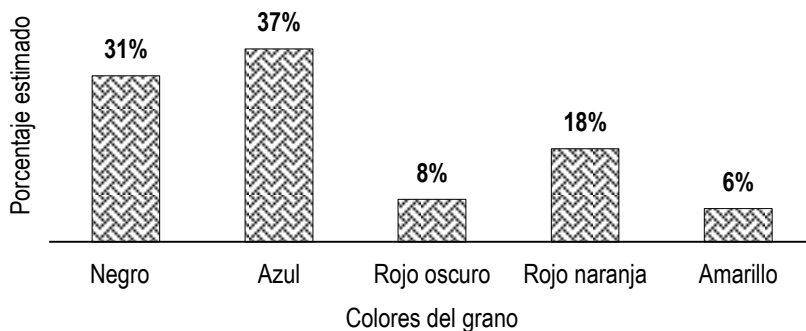


Figura 2. Estimación del color de grano obtenido en *Vallecito* y *Mairana* en el estudio: *Evaluación de maíz morado, campaña verano 2017-2018*

Conclusiones

- El maíz morado variedad *Moragro*, se puede considerar como de ciclo intermedio con plantas de altura media a baja.
- La variedad de maíz morado *Moragro*, sembrado en *Mairana*, presenta un rendimiento superior a los rendimientos que se tiene en las zonas de producción de maíz morado en Bolivia y superior a lo registrado en *Vallcito*.
- En la parte sanitaria, no se observó síntomas de los principales patógenos. En insectos plaga fue observado el gusano *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero). La parte sanitaria está sujeta a posteriores evaluaciones.

Referencias consultadas

- Aguilera M., Reza M., Chew R., Meza J. 2011. Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 13: 16-22.
- Arroyo J., Sáez E., Rodríguez M., Chumpitaz V., Burga J., de la Cruz W., Valencia J. 2010. Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (*Zea mays* L.) en ratas hipercolesterolémicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 24: 157-162.
- Atmani D., Ruiz M., Ruiz, J., Lizcano L., Bakali F., Atmani D. 2011. Antioxidant potential, cytotoxic activity and phenolic content of *Clematis flammula* leaf extracts. *J. Med. Plants Res*. 5: 589-598.
- Castillo H. 2018. Estudio de la diversidad genética de maíces de colores. Instituto Mexicano del Maíz, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical). 2008. Manual técnico del cultivo de maíz. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 69 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1985. Manual para registro de datos agronómicos de ensayos de maíz. México DF. 20 p.
- Cruzado L. 2009. Efecto de la fertilización fosforo - potásica en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Agraria "La Molina", Lima, Perú. 87 p.
- De la Cruz E. 2009. Determinación de la madurez fisiológica y calidad de semilla de maíz morado (*Zea mays* L.) en dos densidades de siembra y dos momentos de siembra, Canaán 2750 msnm. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Huamanga, Ayacucho, Perú.
- FAO. 2015. Perspectivas agrícolas referentes al maíz, trigo y arroz por sectores principales. Santa Cruz, Bolivia. *En línea*. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s08.htm>
Consultado el 9 de abril de 2016.
- Guillen J., Arismendi S., Menacho L. 2014. Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. Subnigroviolaceo. Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Santa, Ancash-Perú. *Scientia Agropecuaria. En línea*. Disponible en: www.sci-agropecu.unitru.edu.pe
Consultado el 8 de enero de 2022.
- Huamán F. 2001. Estudio de la asociación de maíz morado (*Zea mays*) con tres líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en dos momentos de siembra. Canaán 2750 msnm. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Huamanga, Ayacucho, Perú.
- INE. Instituto Nacional de Estadística. 2020. Bolivia, Superficie año agrícola por departamento 1984-2020. *En línea*. Disponible en: <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>
Consultado el 9 de abril de 2021.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria). 2004. Maíz INIA 601, variedad mejorada de maíz morado para

- la sierra norte del Perú. Estación Experimental Agraria Baños del Inca - Cajamarca. Cajamarca, Perú. Boletín plegable.
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal). 2020. Estudio de zonificación para el uso de maíz GM en Bolivia. Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. La Paz, Bolivia. 101 p.
- Justiniano E. 2010. Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (*Zea mays* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria "La Molina". Lima, Perú. 77 p.
- LAB-SAP (Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas). 2018. Análisis físico químicos de suelos. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Facultad de Ciencias Agrícolas. Santa Cruz de la Sierra.
- MACIA (Ministerio de Asuntos Campesinos, Indígenas y Agropecuarios). 2003. Cadenas productivas del maíz. Informe final. La Paz, Bolivia. 189 p.
- Mamani R. 2021. Caracterización morfológica de 28 accesiones de maíz morado (*Zea mays* L.). Tesis de grado de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Facultad Integral de Ichilo, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Santa Cruz, Bolivia. 64 p.
- Manrique A. 1997. El maíz en el Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima, Perú. 362 p.
- Medina A., Narro L., Chávez 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.
- Nazar C., Mansilla P. 2016. Primera variedad de maíz morado (*Zea mays* L.) adaptada a Córdoba MORAGRO. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Nogales P., Aliaga E., Murillo R. 2021. La diversidad del maíz nativo en Bolivia. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Estado Plurinacional de Bolivia. *En línea*. Disponible en: <file:///C:/Users/DELL/Downloads/2021ELMAIZNATIVOENBOLIVIA2021.pdf>
Consultado el 27 de abril de 2022.
- Ortiz A. 2012. Los maíces en la seguridad alimentaria de Bolivia. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA). Santa Cruz, Bolivia. 202 p.
- Pedraza M., Idrogo G., Pedraza S. 2017. Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). *Revista ECI Perú*, volumen 14, número 1: 20-40.
- Pinedo T. 2015. Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Canaán Ayacucho. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria "La Molina". Lima, Perú. 106 p.
- Poma I. 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. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Agraria "La Molina". Lima, Perú. 74 p.
- Rincón F. 2011. Guía práctica para la descripción preliminar de colectas de maíz. Proyecto: Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. *En línea*. Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/media/1/genes/files/GuiaPracticaMaiz.pdf
Consultado el 13 de mayo del 2019.
- Salinas Y., García C., Coutiño B., Vidal V. 2013. Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Rev. Fitotec. Mexicana*. Chiapas, México. 294 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2018. Datos climáticos de Santa Cruz Bolivia. Institución técnico científica descentralizada del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

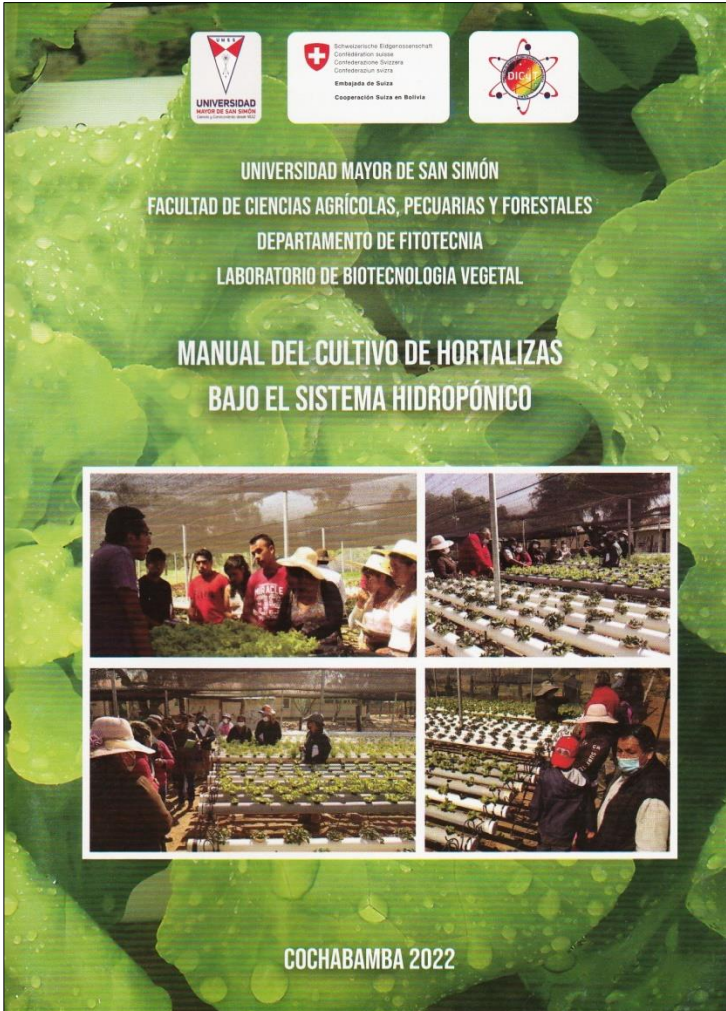
Serio L. 2015. Desarrollo y validación de un modelo del sistema suelo-planta-atmósfera para la estimación de la evapotranspiración real del cultivo de maíz. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Buenos Aires, Argentina. 170 p.

UMSS (Universidad Mayor de San Simón). 2008. Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz (*Zea mays* L.) boliviano. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

Vásconez G., Calvache A., Díaz G., Sabando F. 2010. Determinación de las necesidades hídricas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo el efecto de tres distanciamientos entre hileras. **En:** Memorias XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. 17 de noviembre de 2010. Universidad Tecnológica Equinoccial - Postgrados. Santo Domingo, Ecuador. 10 p.

Trabajo recibido el 28 de enero de 2020 - Trabajo aceptado el 16 de agosto de 2022

PUBLICACIÓN DESTACADA:



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y FORESTALES
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA VEGETAL

**MANUAL DEL CULTIVO DE HORTALIZAS
BAJO EL SISTEMA HIDROPÓNICO**

COCHABAMBA 2022

Manual práctico publicado por el Proyecto *Producción agropecuaria integral y su contribución a la seguridad alimentaria para mitigar el cambio climático en zonas periurbanas de Vinto, Sipe Sipe y Tiquipaya*.

Describe de manera muy didáctica y práctica, todos los aspectos del manejo productivo de hortalizas en un sistema hidropónico. Herramienta indispensable para todo productor de este novedoso y destacado sistema de producción, amigable con el medio ambiente.

Mayor información y acceso al documento:

Laboratorio de Biotecnología Vegetal FCAyP-UMSS.
Ing. Gino Aguirre V.
g.aguirre@umss.edu.bo