

Caracterización morfológica de seis variedades de maíz amiláceo (*Zea Mays* L.), evaluadas en la localidad Mantacra, Pampas Huancavelica, Perú

Morphological characterization of six starchy corn varieties (*Zea mays* L.), evaluated at the Mantacra location, Pampas Huancavelica, Peru

¹Pedro J. García-Mendoza, ¹Carlos A. Marín-Rodríguez, ²Gino P. Prieto-Rosales y ³Iris B. Pérez-Almeida

RESUMEN

La información generada en los estudios de caracterización morfológica es de gran utilidad, tanto para los programas de mejoramiento genético, como para los bancos de germoplasma, garantizando la preservación de la diversidad genética del cultivo. En este sentido, el objetivo principal de este estudio fue realizar la caracterización morfológica de un grupo de variedades de maíz amiláceo evaluadas en la localidad de Mantacra en el ciclo del cultivo 2018 - 2019. Se utilizaron 20 caracteres de planta y de mazorca, incluyendo los componentes del rendimiento. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por dos hileras de 4 m de longitud, con arreglos espaciales de 0.80 m entre hileras y 0.20 m entre plantas. Se efectuó un análisis de varianza univariado con cada uno de los caracteres estudiados y un análisis multivariado de componentes principales, para facilitar la caracterización de los materiales incluidos en el estudio. Los resultados del análisis de varianza detectaron diferencias estadísticas importantes ($p \leq 0.05$; $p < 0.01$) entre las variedades para la mayoría de los caracteres estudiados, demostrando la diversidad genética entre el grupo de variedades. El análisis de componentes principales logró agrupar las variedades en cuatro grupo distintos, en función de los caracteres estudiados, en donde la variedad mejorada resultó con los mayores niveles de productividad. Un contraste ortogonal efectuado entre la media de las variedades mejoradas y la media de las variedades locales, determinó la superioridad del rendimiento de las variedades mejoradas, demostrando la importancia del mejoramiento genético en el desarrollo de nuevos cultivares.

Palabras clave: variedades, maíz amiláceo, caracteres de planta, Caracteres de mazorca, diversidad genética.

ABSTRACT

The information generated in morphological characterization studies is very useful, both for genetic improvement programs and for germplasm banks, guaranteeing the crop's preservation genetic diversity. In this sense, the aim of this study was to perform the

morphological characterization of a starchy corn varieties group evaluated at the Mantacra location in the 2018 – 2019 crop season. In total, 20 plant and ear characters were used, including the yield components. A randomized complete block design with three repetitions was used. The experimental plot was constituted by two rows of 4 m long, with spatial arrangements of 0.80 m between rows and 0.20 m between plants. A univariate statistical analysis was performed with each characters studied and a main components multivariate analysis, in order to facilitate the characterization of the genotypes considered in the study. The variance analysis results detected important statistical differences ($p \leq 0.05$; $p < 0.01$) among the varieties for most characters studied, demonstrating the genetic diversity among the group of varieties. The main components analysis grouped the varieties into four different groups, according to the characters studied, where the improved variety presented the highest productivity levels. An orthogonal contrast between the improved varieties yield average and the local varieties yield average, determined the improved varieties superiority of the yield, demonstrating the genetic improvement importance in the new cultivars development.

Keywords: varieties, starchy corn, plant characters, ear characters, genetic diversity.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Portuguesa, Venezuela.

²Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja (UNAT), Pampas, Tayacaja, Huancavelica, Perú.

³Universidad Ecotec, Ecuador.

INTRODUCCIÓN

La preservación de la diversidad genética de las variedades de maíz es un tema de gran importancia debido a la utilidad que posee en los programas de mejoramiento genético de este cultivo (Salhuana, 2004); la caracterización morfológica en el cultivo de maíz ha sido un tema bien estudiado en diferentes regiones del mundo y también del Perú (Revilla y Tracy, 1995; Quispe et al., 2011; Yepez, 2011; Zuliani et al., 2012; Guacho, 2014; Rocandio-Rodríguez, 2014; Ríos, 2015; Contreras-Molina et al., 2016). En su momento, Revilla y Tracy (1995) realizaron la caracterización morfológica de 58 variedades de maíz dulce de libre polinización, utilizando 34 descriptores, con el fin de proveer información a los mejoradores interesados en ampliar la base genética del maíz dulce; basado en los caracteres morfológicos; estos investigadores consideraron a 52 de las variedades estudiadas como pertenecientes a una raza en particular, la cual denominaron “Northeastern Sweets”. Del mismo modo, Contreras-Molina et al. (2016) caracterizaron morfológicamente 76 muestras de maíz nativo de México, con el fin de determinar el nivel de diferenciación morfológica existente entre las poblaciones nativas de maíz ahí cultivadas y la relación de éstas con las razas previamente reportadas, para lo cual utilizaron 38 variables, que incluyeron atributos de planta, espiga, mazorca y caracteres fenológicos;

encontrando la existencia de una amplia variabilidad morfológica, agrupable en seis conjuntos, diferenciados entre sí por precocidad y atributos de planta.

En lo que concierne al Perú, la caracterización morfológica se ha efectuado en diferentes grupos de germoplasma. En este sentido, Ríos (2015), realizó la caracterización morfológica de 22 variedades de maíz amiláceo incluyendo 11 cultivares de colores puros y 11 con colores mezclados, utilizando caracteres de planta y de mazorca, tanto cuantitativos, como cualitativos; Po su parte (Yepez, 2011) realizó la caracterización de 65 entradas de maíz procedentes de los valles interandinos de Cusco y Apurímac, correspondientes al banco de germoplasma de maíz del CICA, utilizando el descriptor Internacional para maíz de CIMMY/IBPGRI, modificado por el Programa Nacional de Maíz para los maíces de la Región Andina. Así mismo, Quispe et al. (2011) realizaron la caracterización morfológica y química de tres cultivares de maíz morado en la región de Arequipa, encontrando diferencias importantes entre los materiales probados, tanto desde el punto de vista morfológico, como también en su composición química. La información generada en este tipo de estudios es de gran utilidad, tanto para los programas de mejoramiento genético, como para los bancos de germoplasma, garantizando la preservación de la diversidad genética del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de prueba y material experimental

El experimento se llevó a cabo en la localidad de Mantacra, Pampas, Tayacaja, en el ciclo del cultivo 2018 – 2019. Se incluyeron 19 variedades locales, recolectadas en diferentes lugares de la provincia de Tayacaja, más seis variedades mejoradas, proporcionada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Cajamarca, para un total de 25 entradas (tabla 1). El lugar se caracteriza por presentar suelos del tipo franco arenoso, con bajo contenido de materia orgánica y niveles medios de P y K. El ensayo fue establecido el día 29 /10 /2018 y la cosecha se efectuó el 31/05/2019.

Diseño experimental y variables estudiadas.

Se utilizó un diseño de bloques incompletos, Alfa Látice 5x5, con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por dos hileras de 4 m de longitud, con arreglos especiales de 0.80 m entre hileras y 0.20 m entre plantas. Al momento de la siembra se colocaron dos semillas por punto de siembra, para posteriormente realizar un raleo y dejar sólo una planta por punto de siembra. Las labores agronómicas se hicieron conforme a las recomendaciones técnicas establecidas para el cultivo en la región donde fue establecido el ensayo.

Para llevar a cabo la caracterización morfológica se utilizaron 20 caracteres de planta y de mazorca, incluyendo los

componentes del rendimiento de grano. La altura de planta (AP) fue estimada midiendo la altura (cm) desde el nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la hoja bandera, considerando el promedio de 10 plantas por cada parcela. La altura de inserción de mazorca (AM), se estimó midiendo la altura en cm desde el nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la primera mazorca, considerando la misma planta utilizada para medir la altura de planta, tomando el promedio de 10 plantas por cada parcela. El acame de planta (Ac) se determinó contando el número de plantas con inclinación $>$ a 30° respecto a la vertical o con tallo roto por debajo de la primera mazorca, expresando el resultado en porcentaje respecto al total de plantas registradas en cada parcela.

El aspecto de planta (AsP), determinada utilizando una escala de 1 – 5, donde 1 representó una unidad experimental cuyas plantas mostraron adecuada y alta uniformidad de altura de planta y de inserción de mazorca, alto grado de sanidad vegetal, mazorcas bien formadas y uniformes y en general, adecuada arquitectura de planta con alto potencial de producción, mientras que el valor de 5 representó a una unidad experimental muy deficiente en estos aspectos agronómicos. Cobertura de la mazorca (CM), se estimó contando el número de plantas con mazorcas con puntas descubiertas en cada unidad experimental. Mazorcas podridas (MP), estimada como número total de mazorcas con granos dañados por patógenos en el

total de mazorcas cosechadas en cada unidad experimental. Peso de mazorca (PM), peso en Kg de todas las mazorcas cosechadas en cada unidad experimental. Peso del grano (PGr), registrado como el peso en Kg del grano proveniente de todas las mazorcas cosechadas en cada parcela. Rendimiento de grano (Rend), estimado a partir del peso de grano, y expresado en t/ha corregido al 15% de humedad. Humedad del grano (HGr), se registró el % de humedad de una muestra de grano obtenida en cada parcela.

Tabla 1. Lista de materiales experimentales y comerciales, lugar de origen y nombre dado a las variedades.

Entrada	Ecotipo Variedad	- Código Variedad	Localidad	Distrito
1	Astilla Amarilla	AA-DH	Los Ángeles de Cucharán	Daniel Hernández
2	Astilla Blanca	AB-DH		
3	Carhuay	Car-PPDH	Pata Pampa, Santa María	
4	Carhuay	Car-R-DH	Rundo	
5	Carhuay	Car-Q	Anjara Pata	
6	Bolón	Bol-Q	Pachas	Quishuar
7	Chulpy	Chu-Q	Yacutoella	
8	Astilla Blanca	AB AC P ₁	Ahuayta Casay	Pampas
9	Astilla Blanca	AB-AC-P ₂		
10	Cusqueado	Cus-P	Gentil Pampas	
11	Carhuay	Car-P	Mantacra	
12	Astilla Blanca	AB-AD-C	Agua Dulce, Com.	Colcabamba
13	Astilla Blanca	AB-SJA-C	Campesina San Julian Alto	
14	Almidón	Alm-ST	Buenos Aires	
15	Astilla Blanca	AB-ST	Huayrapire	Santiago de Tucuma
16	Chulpy	Chu-VP-ST	Vuelo Pata	
17	Chulpy	Chu-U-ST	Usnupampa	
18	Pistiada	Pist-P	Muyupata	Pichos
19	Carhuay	Car-P		
20	Choclero-101	Cho-101	INIA Cajamarca	
21	Choclero-INIA-603	Cho-603	INIA Cajamarca	
22	INIA-601	I-601	INIA Cajamarca	Testigos
23	Umutu	Umu	Colección Local Cajamarca	
24	Chaucha Semi Blanco	Cha-SB	Colección Local Cajamarca	
25	Chaucha Rojo	Cha-R	Colección Local Cajamarca	

Componentes del rendimiento. Se registraron los siguientes caracteres, componentes del rendimiento de grano de maíz, para lo cual se consideraron 10 mazorcas representativas de

cada unidad experimental: Longitud de la mazorca (LM), determinada midiendo la longitud de la mazorca (cm) en cada unidad experimental, utilizando el mazorcómetro. Diámetro de la mazorca (DM), se estimó midiendo el diámetro de la mazorca (cm) en cada unidad experimental, utilizando el mazorcómetro. Número de hileras en la mazorca (NH), estimada contando el número de hileras de la mazorca en cada unidad experimental. Número de granos por hileras de la mazorca (NGH), se estimó contando el número de granos presentes en una hilera representativa de cada mazorca en cada unidad experimental. Diámetro de la coronta (DC), luego de haber medido los caracteres anteriores en las 10 mazorcas, todas estas mazorcas fueron desgranadas, para estimar el diámetro de las corontas (cm) en cada unidad experimental, utilizando el mazorcómetro. Longitud del grano (LGr), se estimó utilizando la siguiente ecuación matemática (Eq. 1):

$$1. LGr = \left(\frac{DM}{DC} \right) / 2 \text{ (Eq.1)},$$

2. Donde:

3. LGr = Longitud del grano (cm)

4. DM = Diámetro de mazorca (cm).

5. DC = Diámetro de coronta o tusa (cm)

Peso de 300 granos (P300), se determinó el peso de 300 granos (g) contados en cada unidad experimental, utilizando una balanza de alta precisión. Peso medio del grano (PMGr), estimado como resultado de la división del P300/300.

Para la evaluación de los caracteres se utilizaron los descriptores para el cultivo de maíz establecidos por el Grupo Internacional de Recursos Fitogenéticos y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (IBPGR) (IBPGR/CIMMYT, 1991).

Para realizar los análisis en de varianza de los componentes del rendimiento, se utilizó el valor promedio obtenido de las 10 mazorcas utilizadas en cada unidad experimental.

La información obtenida en los caracteres morfológicos fue sometida a los análisis de varianza individual, conforme al modelo matemático establecido para el diseño experimental utilizado.

El modelo matemático para los análisis individuales en el diseño de bloques incompletos, Alfa-Látice, es el que se presenta en la ecuación 2, indicada a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + B_{k(j)} + \epsilon_{ijk}, \text{ [Eq.2], donde:}$$

Y_{ijk} = representa la observación correspondiente a la i -ésima variedad, evaluada en la j -ésima repetición y en el k -ésimo bloque.

μ representa al efecto de la media general del ensayo.

T_i representa al efecto fijo de la i -ésima variedad incluida en el ensayo.

R_j representa el efecto aleatorio de la j -ésima repetición.

$R_{j(k)}$ representa el efecto aleatorio del k -ésimo bloque dentro de la j -ésima repetición.

E_{ijk} representa al efecto del error experimental asociado a la observación E_{ijk} .

Se realizaron contrastes ortogonales para comparar el rendimiento de grano de las variedades locales con el observado en las variedades mejoradas.

Análisis multivariado

Para llevar a cabo la caracterización de las variedades, se utilizó un análisis multivariado de componentes principales (CP), seleccionando un conjunto de variables de mayor divergencia entre las variedades, utilizando los valores promedios de las variables seleccionadas. Una vez generadas las coordenadas de los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2), se construyó una gráfica de doble entrada o biplot, para generar una representación visual de la estructura de correlaciones entre variables y la magnitud de cada variable sobre la varianza global de los datos.

RESULTADOS

Los resultados del análisis de varianza univariado determinaron diferencias estadísticas importantes ($p \leq 0.05$; $p < 0.01$) para el efecto de genotipos (Variedades) en todos los caracteres estudiados, excepto para las variables enfermedades foliares (EF), enfermedades de tallo (ET), Aspecto de mazorca (AsM) y longitud del raquis principal de la espiga (LRP), sugiriendo una alta diversidad genética entre los materiales estudiados (tablas 2 y

3). El análisis además determinó efectos significativos ($p \leq 0.05$) o altamente significativos ($p < 0.01$) para el efecto de bloques en alguna de las variables analizadas, indicando la idoneidad del uso del diseño de bloques incompletos. Los resultados obtenidos concuerdan con lo encontrado por Palemón et al (2012), quienes evaluaron el potencial productivo de cruzas intervarietales de maíz en una región semicálida de México y refieren que las diferencias estadísticas entre genotipos corrobora la gran variación genética existente entre el material genético probado y evaluado en ambientes contrastantes. Además, encontraron que las cruas intervarietales exhibieron rendimiento de grano y características agronómicas favorables, con respecto a sus progenitores, testigos comerciales y la variedad local del agricultor.

Los coeficientes de variación resultaron apropiados para todas las variables estudiadas, lo que sugiere un buen manejo de las mismas en el experimento. Solamente las variables Acame de tallo y de raíz, enfermedades de tallo, pudrición de mazorcas y cobertura de mazorca presentaron valores de coeficientes de variación relativamente altos, lo cual se debe al hecho de ser variables expresadas en porcentajes, con muchos valores de ceros, lo que genera medias muy bajas. Estos bajos valores de la media con altos valores de variación, que van de 0 hasta 100%, generan elevados valores de coeficientes de variación.

No obstante, son resultados propios de este tipo de variables.

Un contraste ortogonal realizado para comparar el rendimiento de grano de la variedad mejorada respecto a las variedades locales, demostró la superioridad en los niveles de producción de las variedades Choclero-101 y Choclero-INIA-603, del INIA Cajamarca, las cuales resultaron superiores a la media de las variedades locales (figura 1). Otro contraste ortogonal realizado para comparar la media de las seis variedades mejoradas con la media de las 19 variedades locales, determinó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre

ambas medias (figura 2), demostrando la importancia del mejoramiento genético en la producción de nuevos cultivares. En este sentido, Carena (2005) señala que los esfuerzos para el desarrollo de poblaciones élites han demostrado que el mejoramiento de germoplasma es extremadamente valioso y merece la financiación pública y que dichos esfuerzos deben ser apoyados para permitir el desarrollo de diversas fuentes de líneas endogámicas élite y el desarrollo de híbridos a partir de poblaciones mejoradas para mercados específicos (por ejemplo, orgánicos), para diversificar las opciones de los productores.

Tabla 2. Cuadrados de medios del análisis de varianza para el rendimiento de grano y otros caracteres de planta y de mazorca de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en la localidad Mantacra, Pampas, en el ciclo del cultivo 2018–2019.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios									
		Rend	AP	AM	PMM 1×10^{-3}	AcT	AcR	EF	ET	PM	IG 1×10^{-3}
Repetición (Rep)	2	1.72	536.05	216.52	1.11	2.71	44.07	0.26	166.84	17.75	1.54
Bloque/Rep	12	1.68	607.10**	284.53**	1.24	4.32	198.93**	0.17	111.37**	8.92	1.25
Variedades	24	5.39**	901.85**	932.79**	6.19**	12.69*	133.56**	0.11	27.36	44.68*	5.05*
Error	36	1.36	113.98	64.39	0.71	5.90	49.62	0.12	31.91	23.06	2.75
Total	17										
CV		16.62	5.06	7.21	5.11	90.28	66.22	13.84	46.40	43.24	5.95

*y** significan diferencias estadísticas significativas al 5% y 1%, respectivamente.

Asp, AsM, CMP, IP, HGr, LM, DM, DC, LG y NH significan, respectivamente, Aspecto de Planta, Aspecto de mazorca, Cobertura de mazorca, índice de prolificidad, Humedad del grano, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de coronta y longitud del grano.

Tabla 3. Cuadrados de medios del análisis de varianza para diferentes caracteres de planta y de mazorca de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en la localidad Mantacra, Pampas, en el ciclo del cultivo 2018–2019.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios								
		AsP	AsM	CMP	IP 1x10 ⁻²	HGr	LM	DM	DC	LG 1x10 ⁻²
Repetición (Rep)	2	0.10	0.63	6.48	1.18	30.17**	0.45	0.11	0.13	0.36
Bloque/Rep	12	0.11	0.13	10.75	0.89	0.99	0.33	0.04	0.04	0.73
Variedades	24	0.17*	0.17	33.42**	2.40**	10.10**	7.35**	0.38**	0.44**	14.08**
Error	36	0.09	0.10	11.26	0.90	1.47	0.20	0.03	0.04	1.17
Total	17									
	CV	9.86	11.24	65.11	9.40	5.17	3.59	2.85	9.84	5.64

*y** significan diferencias estadísticas significativas al 5% y 1%, respectivamente. Asp, AsM, CMP, IP, HGr, LM, DM, DC, LG y NH significan, respectivamente, Aspecto de Planta, Aspecto de mazorca, Cobertura de mazorca, índice de prolificidad, Humedad del grano, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de coronta y longitud del grano.

Tabla 4. Cuadrados de medios del análisis de varianza para diferentes caracteres de planta y de mazorca de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en la localidad Mantacra, Pampas, en el ciclo del cultivo 2018–2019 (Continuación).

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios							
		NGH	NH 1x10 ⁻³	LP	LRP	NRP	NRS	P300	PMGr
Repetición (Rep)	2	3.69	1.12**	5.00	17.10	16.34*	7.11*	131.38	1.44
Bloque/Rep	12	2.09*	0.12	4.35	16.08	2.62	0.63	411.72*	4.60*
Variedades	24	8.83**	9.53**	6.37**	22.92	14.82**	4.19**	4498.51**	50.06**
Error	36	0.78	0.40	2.47	13.12	1.94	0.76	202.15	2.24
Total	17								
	CV	4.31	5.52	6.65	10.40	7.71	12.50	7.84	7.83

*y** significan diferencias estadísticas significativas al 5% y 1%, respectivamente.

NGH, NH, LP, LRP, NRP, NRS, P300 y PMG significan, respectivamente, número de granos por hileras, número de hileras, longitud del pedúnculo, longitud del raquis principal, número de ramas primarias, número de ramas secundarias, peso de 300 granos y peso medio del grano.

Por otro lado, Espinosa et al (2009) refieren que una variedad mejorada se puede definir como una población de plantas con cierto nivel de uniformidad, producto de la aplicación de alguna técnica de mejoramiento genético, con características bien definidas y que reúne la condición de ser diferentes a otras variedades, siendo estables en sus características esenciales.

Generalmente poseen mayor rendimiento y características agronómicas deseables, superiores a las variedades que le antecedieron, lo cual las hacen más demandadas por los agricultores.

Además, señalan que la diferencia de una variedad mejorada con la variedad local, sin mejorar, representa la obtención de mejores cosechas en muchos de los casos, pero deben establecerse esquemas alternativos para el suministro de semilla.

De acuerdo al análisis de componentes principales, los resultados indicaron que entre los dos primeros componentes (CP_1 y CP_2) explicaron el 54.4% de la variación total de los caracteres de planta y de mazorca medidos en el experimento.

Resultados similares fueron observados por Arellano et al. (2010), quienes reportaron que entre el CP_1 y el CP_2 explicó el 57% de la variabilidad total de las variables medidas.

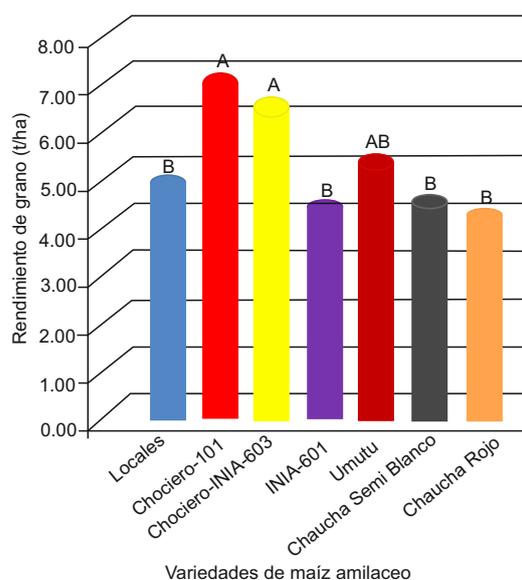


Figura 1. Rendimiento de grano promedio de variedades de maíz amiláceo locales vs la media de seis variedades mejoradas.

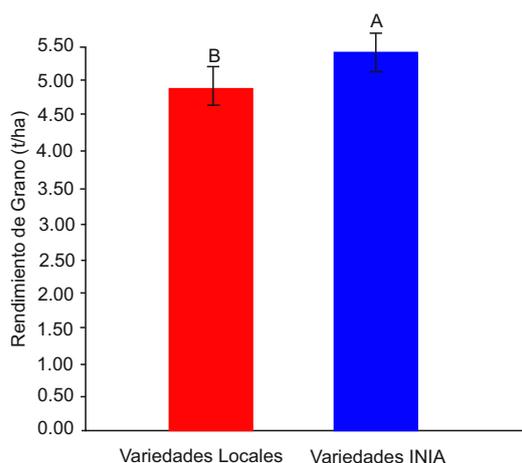


Figura 2. Valor promedio del rendimiento de grano de variedades de maíz amiláceo, locales vs mejoradas (INIA).

En la representación gráfica del análisis de componentes principales, que refleja el desempeño de las variedades en función del CP_1 y el CP_2 , determinó cuatro grupos conformaron las variedades testigos

Choclero-101 (T1) y Umutumo (T4), las cuales se ubicaron en una posición aislada del resto de las variedades.

En este mismo cuadrante se ubicaron la variedad mejorada Choclero-INIA-603 (T2) y las variedades locales Chulpi de Quishuar (Chu-Q), Cusqueado de Pampas (Cusq-P), Astilla Blanca-Cusqueado de Colcabamba (AB-Cusq-C) y Bolón de Quishuar (Bol-Q), caracterizadas por presentar los mayores valores de rendimiento de grano (Rend), de porcentajes de mala cobertura de mazorcas (CMP), de acame de raíz (ARP), siendo también las más prolíficas (IP) (figura 3).

En el primer cuadrante, un segundo grupo lo conformaron las variedades Astilla Blanca-Astilla Amarilla de Colcabamba (AB-AM-C), Astilla Blanca de Daniel Hernández (AB-DH), Astilla Blanca de Pampas (AB-P), Astilla Blanca-Astilla Amarilla de Pampas (AB-AM-P) y los materiales Carhuay de Daniel Hernández (Car-DH), de Pichos (Car-P), de Pampas (Car-P) y de Rundo (Car-Run), caracterizadas por presentar los mayores valores de índice de grano (IG) y de mazorcas podridas (MPP).

En el cuarto cuadrante, un tercer grupo lo definieron las variedades Carhuay de Quishuar (Car-Q), Astilla Blanca (AB-

ST) y Almidón (Alm-ST), de Santiago de Tucuma, Pistiado de Pichos (Pist-P) y Astilla Amarilla de Daniel Hernández (AM-DH), caracterizadas por presentar los valores más altos de aspectos de mazorcas, enfermedades de tallos y de humedad a cosecha.

El cuarto grupo, en el tercer cuadrante, estuvo representado por las variedades mejoradas INIA-601 (T3) y Chaucha Semi Blanco (T5), del INIA Cajamarca, junto a las variedades locales Chulpy (Chu-ST) y Chulpy-Astilla Blanca (Chu-AB-ST), de Santiago de Tucuma, caracterizadas por presentar los mayores niveles de altura de planta (AP) y de mazorca (AM), de acame de tallo (ATP), de aspecto de planta (AsPt) y de enfermedades foliares (EF) (figura 3).

En función de la caracterización de las variedades de maíz analizadas, los resultados sugieren que las mejores variedades criollas, desde el punto de vista del rendimiento de grano serían el Chulpy de Quishuar (Chu-Q), Cusqueado de Pampas (Cusq-P), Astilla Blanca-Cusqueado de Colcabamba (AB-Cusq-C) y el Bolón de Quishuar (Bol-Q). No obstante, sus niveles de productividad estuvieron por debajo de las variedades mejoradas (Choclero-101 (T1) y Umutumo (T4), pero similares al Choclero-INIA-603 (T2), utilizada como testigo de referencia.

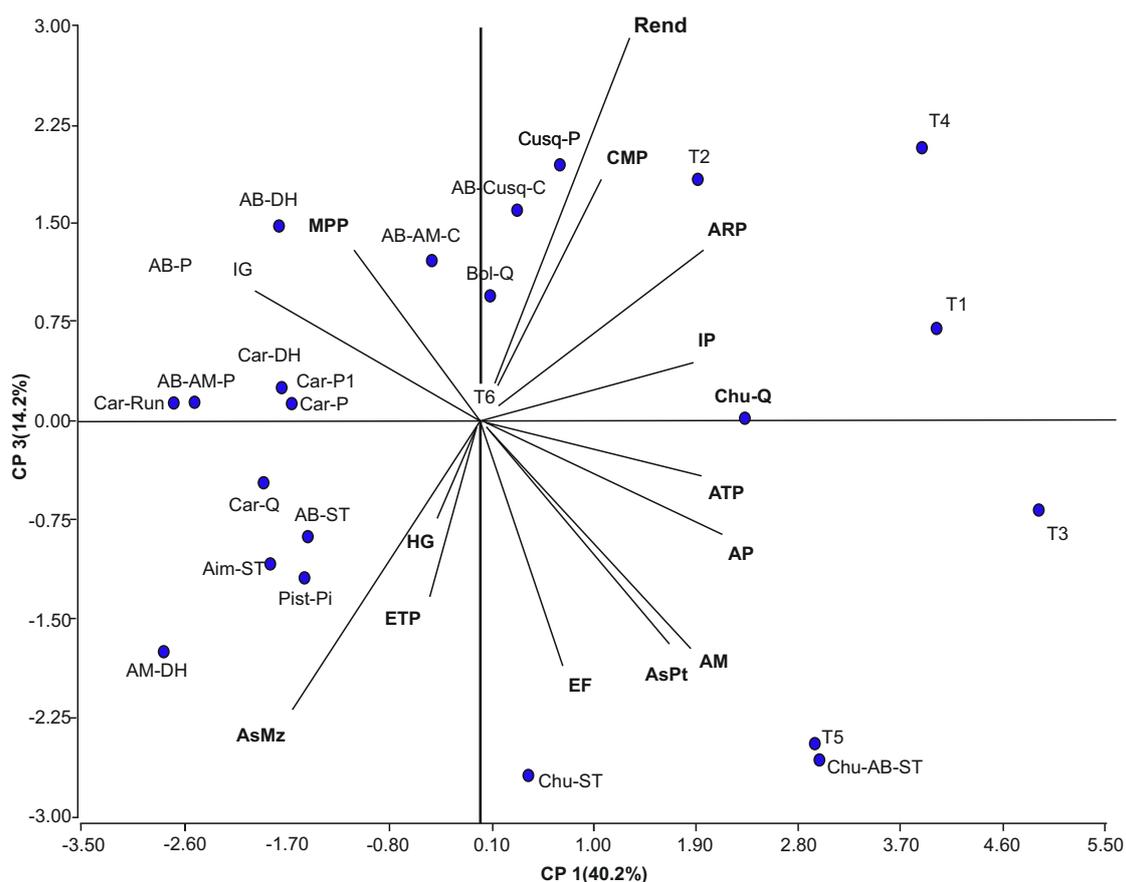


Figura 3. Caracterización morfológica de 6 variedades de maíz amiláceo evaluadas en la localidad Mantacra, Pampas, en el ciclo del cultivo 2018 – 2019.

La variedad mejorada INIA-601 (T3), aun cuando no destacó entre las de mayor rendimiento, representa a un genotipo con un valor agregado, que le puede dar mayor rentabilidad al productor, comparado con la rentabilidad que podrían proveerle las variedades más productivas, pero que carecen de este valor adicional.

El referido valor está determinado por su elevado contenido de vitaminas y minerales esenciales, tales como hierro, fósforo, niacina, además de poseer fitonutrientes y antocianinas siendo esta última una de sus principales propiedades y de las que mayores beneficios le aportan a la salud humana (Tsuda et al., 2003;

Jones, 2015; Lao et al., 2017; ALNUSA, 2018).

Sinay y Karuwal (2018) realizaron la caracterización morfológica de un conjunto de cultivares de maíz locales de una región de Indonesia, logrando constituir los materiales en dos grupos distintos en función de los caracteres estudiados. También Espinoza-Trujillo et al (2006), realizaron la caracterización morfológica y el comportamiento agronómico de 114 poblaciones nativas de varios estados de la Meseta Central de México.

El análisis multivariado permitió organizar el grupo de materiales en seis grupos distintos.

Del mismo modo, Arellano et al (2010) utilizaron el análisis de componentes principales para evaluar el potencial agronómico de un conjunto de variedades criollas de maíz en una región de México, logrando determinar un grupo de variedades criollas de Cacahuacintle con la mejor expresión de las variables involucradas en los componentes principales, lo que representó a las mejores variedades en función del rendimiento, caracteres de planta y grano y que serían las de mayor potencial para la producción de maíz Cacahuacintle en la región de estudio.

Es probable que los mayores niveles de acame observado en la variedad mejorada estén altamente influenciados por la mayor altura de planta y de mazorca. No obstante, un análisis de correlación (análisis no mostrado) no detectó ninguna relación significativa ($p < 0.05$) entre el acame de planta y la altura de planta y de mazorca, indicando que los valores de acame observados en los materiales no están asociados a la altura de planta y de mazorca.

CONCLUSIONES

Las variedades de maíz amiláceo resultaron con diferencias estadísticas importantes para la mayoría de los caracteres estudiados, demostrando la diversidad genética entre las mismas.

La variedad mejorada resultó superior a las variedades locales para algunos de los

caracteres agronómicos de importancia en el cultivo, incluyendo el rendimiento de grano, sugiriendo la importancia del mejoramiento genético en el desarrollo de cultivares superiores.

La caracterización permitió separar los materiales en cuatro grupos distintos, en función de los caracteres estudiados.

Los problemas de acame en la variedad mejorada posiblemente se vean favorecidos por la altura de planta y de inserción de mazorca, habiendo resultado en una de los materiales con mayor altura de planta y de mazorca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alimentos y Nutrición (ALNUSA). 2018. Propiedades y Beneficios del Maíz Morado. *ALNUSA*. Disponible en: <http://alnusa.com.pe/index.php/guia-saludable/pmaiz-morado>
- Arellano, J. L., Gámez V., A. J. y Ávila P., M. A. 2010. Potencial agronómico de variedades criollas de maíz Cacahuacintle en el Valle de Toluca. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4): 37–41.
- Carena, M. J. 2005. Maize commercial hybrids compared to improved population hybrids for grain yield and agronomic performance. *Euphytica* 141:201–208.
- Contreras-Molina, O., Gil-Muñoz, A., López, P. A. Reyes-López, D. y Guerrero-Rodríguez, J. de D. 2016. Caracterización morfológica de maíces nativos de la Sierra Nororiental de Puebla,

- México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp.*, 17: 633-3647.
- Espinosa, A., Tadeo, M., Turrent, A. y Gómez, N. 2009. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias*, 92-93:118-125.
- Espinosa-Trujillo, E., Mendoza-Castillo M. y Castillo-González, F. 2006. Diversidad fenotípica entre poblaciones de maíz con diferentes grados de pigmentación. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(2): 19-23.
- Guacho A., E. F. 2014. Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo. Presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) 1991. Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome. 88 p.
- Jones, K. 2015. The Potential Health Benefits of Purple Corn. *Pure Potential, Power Juice*. Disponible en: <https://www.purepotentialjuice.com/blogs/purple-corn-in-the-news/69153797-the-potential-health-benefits-of-purple-corn>
- Lao, F., Sigurdson, G. T. y Giusti, M. M. 2017. Health Benefits of Purple Corn (*Zea mays* L.) Phenolic Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 16: 234 - 246. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/1541-4337.12249>.
- Palemón A., F., Gómez ., N. O., Castillo G., F., Ramírez V., P., Molina G., J. D. y Miranda C., S. 2012. Potencial productivo de cruza intervarietales de maíz en la región semicálida de Guerrero. *Rev. Mex. Ciencias Agríc.* 3(1):157-171.
- Revilla, P. and Tracy, W.F. 1995. Morphological Characterization and Classification of Open-pollinated Sweet Corn Cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(1): 112-118
- Ríos T., J. 2015. *Caracterización morfológica de cultivares de maíz amiláceo (Zea mays L) en condiciones agroecológicas de Quisca - Ambo 2013*. (Tesis de pregrado). Tesis presentada para optar el título profesional de: Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán-Huánuco.
- Rocandio-Rodríguez, M., Santacruz Varela1, A., Córdova-Téllez, L., López-Sánchez, H., Castillo-González, F., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J. y Ortega-Paczka, R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.*, 37(4): 351-361.

- Salhuana, W. 2004. Diversidad y descripción de las razas de maíz en el Perú. En: *Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*. UNALM. Lima-Perú. p. 204-251. Disponible en: https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Diversidad%20y%20razas%20de%20maiz%20en%20Peru.pdf.
- Sinay, H. y Karuwal, R. L. 2018. Genetic variability of local corn cultivars from Kisar Island, Maluku, Indonesia based on morphological characters. *Biodiversitas* 19(6): 2302-2307.
- Tsuda, T., Horio, F., Uchida, K., Aoki, H. y Osawa, T. 2003. Dietary cyanidin 3-O-?-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *J. Nutr.* 133(7):2125-2130. Disponible en: <https://academic.oup.com/jn/article/133/7/2125/4688337>
- Yepez C., E. 2011. *Caracterización morfológica y evaluación fenológica de sesenta y cinco entradas de maíz (Zea mays L.) del banco de germoplasma del CICA - K'ayra- Cusco*. (Tesis de pregrado). Trabajo de Tesis presentada para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Zuliani, P., Bramardi, S. J., Lavalle, A. y Defacio, R. 2012. Caracterización de poblaciones nativas de maíz mediante análisis de procrustes generalizado y análisis factorial múltiple. *Rev. FCA UNCUYO*. 44(1): 49-64.
- Quispe Jacobo, Fredy, Arroyo Condorena, Karim, & Gorriti Gutiérrez, Arilmí. (2011). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa - Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(3), 205-217

CORRESPONDENCIA

Dr. Pedro José García Mendoza
pejogam@gmail.com