

Caracterización morfológica de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en dos localidades de la provincia de Tayacaja, Huancavelica

Morphological characterization of 25 varieties of starchy maize evaluated in two localities of the province of Tayacaja, Huancavelica

Caracterização morfológica de 25 variedades de milho amiláceo avaliadas em duas localidades da província de Tayacaja, Huancavelica

Gino Paul Prieto Rosales 

Universidad Nacional autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

ginoprieto@unat.edu.pe

Damián Manayay Sánchez 

Universidad Nacional del Santa, Perú

dmanayay@gmail.com

RESUMEN

El maíz amiláceo es considerado uno de los principales alimentos de los habitantes de la sierra peruana, en donde la mayor parte de la producción está destinada al autoconsumo, en diferentes formas. El objetivo principal de este estudio fue determinar la caracterización morfológica de 25 variedades de maíz amiláceo, evaluadas en 2 ambientes contrastantes de la provincia de Tayacaja, Huancavelica, Perú, en el ciclo del cultivo 2019-2020. La caracterización morfológica se efectuó utilizando 24 caracteres de planta y de mazorca, analizados mediante análisis de varianza univariado y multivariado. En el análisis multivariado se utilizó el método de componentes principales (CP) y el análisis de conglomerados por el método de Ward. Los estudios agronómicos permitieron demostrar la superioridad de las variedades mejoradas para la mayoría de los caracteres estudiados, lo cual refleja la importancia del mejoramiento genético de plantas en la obtención de genotipos con desempeño agronómico sobresalientes. De acuerdo al análisis de CP, los tres primeros CP explicaron 67 % de la variación fenotípica observada en el grupo de poblaciones estudiadas. La caracterización morfológica clasificó las variedades en seis grupos bien definidos, en función de los caracteres analizados. Todas las variables utilizadas en el estudio resultaron apropiadas para la clasificación y caracterización de la variabilidad fenotípica de materiales locales de maíz, excepto del rendimiento de grano, el índice de grano y el número de ramas secundarias en la espiga, para las cuales no se observó diferencias entre los grupos de variedades.

Palabras clave: Maíz amiláceo, caracterización morfológica, componentes principales, poblaciones genéticas, variedades nativas.

ABSTRACT

Starchy corn is considered one of the main foods of the inhabitants of the Peruvian highlands, where most of the production is destined for self-consumption, in different forms. The main objective of this study was to determine the morphological characterization of 25 varieties of starchy maize, evaluated in 2 environments in the province of Tayacaja, Huancavelica, Peru, in the 2019-2020 crop cycle. For the morphological characterization, 24 plant and ear characters were used, analyzed using univariate and multivariate analysis of variance. In the multivariate analysis, principal components (PC) and cluster analysis with Ward's method were used. The agronomical studies allowed to demonstrate the superiority of the improved varieties for most of the characters studied, which shows the importance of plant breeding to obtain genotypes with outstanding agronomic performance. According to the PC analysis, the first three PCs explained 67 % of the phenotypic variation observed in the group of populations studied. The morphological characterization classified the varieties into six well-defined groups, based on the traits analyzed. All traits used in the study were appropriate for the classification and characterization of the phenotypic variability of local maize varieties, except for grain yield, grain index and the number of secondary branches in the spike, for which no differences were observed between the variety's groups.

Keywords: Starchy maize, morphological characterization, principal components, genetic populations, native varieties.

RESUMO

O milho amiláceo é considerado um dos principais alimentos dos habitantes do altiplano peruano, onde a maior parte da produção é destinada ao autoconsumo, em diferentes formas. O objetivo principal deste estudo foi determinar a caracterização morfológica de 25 variedades de milho amiláceo, avaliadas em 2 ambientes contrastantes na província de Tayacaja, Huancavelica, Peru, no ciclo da safra 2019-2020. A caracterização morfológica foi realizada utilizando 24 caracteres de plantas e espigas, analisados por análise de variância univariada e multivariada. Na análise multivariada, foram utilizados o método de componentes principais (CP) e a análise de conglomerados pelo método de Ward. Os estudos agrônomicos permitiram demonstrar a superioridade das variedades melhoradas para a maioria dos caracteres estudados, o que reflete a importância do melhoramento genético de plantas na obtenção de genótipos com excelente desempenho agrônomico. De acordo com a análise do CP, os três primeiros CP explicaram 67% da variação fenotípica observada no grupo de populações estudadas. A caracterização morfológica classificou as variedades em seis grupos bem definidos, com base nos caracteres analisados. Toda as variáveis utilizadas no estudo foram adequadas para a classificação e caracterização da variabilidade fenotípica de materiais locais de milho, exceto rendimento de grãos, índice de grãos e número de ramos secundários na espiga, para os quais não foi observada variação. grupos.

Palavras-chave: Milho amiláceo, caracterização morfológica, componentes principais, populações genéticas, variedades nativas.

INTRODUCCIÓN

La caracterización de la diversidad genética de las variedades de maíz es muy importante debido al beneficio que brinda en los programas de mejoramiento genético en este cultivo y para preservar esa biodiversidad, así como también para hacer un uso mucho más eficiente de la misma (Salhuana, 2004; Al-

Nagar et al., 2020; Kumar et al, 2022); se trata de un tema bien estudiado en diferentes regiones del mundo y también del Perú (Quispe et al., 2011; Zuliani et al., 2012; Rocandio et al., 2014; Ríos, 2015 y Contreras et al., 2016). Revilla y Tracy (1995) realizaron una investigación donde caracterizaron morfológicamente 58 variedades de maíz dulce de libre polinización,

donde usaron 34 descriptores, con el objetivo de proporcionar información a los investigadores y ampliar los conocimientos genéticos del maíz dulce; basado en los caracteres morfológicos; en la investigación consideraron 52 de las variedades estudiadas correspondientes a una raza en particular, la cual denominaron “Northeastern Sweets”.

En su momento, Contreras et al., (2016) realizaron la caracterización morfológica de 76 muestras de maíz nativo de México, con el objetivo de determinar el nivel de diferenciación morfológica existente entre las poblaciones nativas de maíz cultivadas y la relación con las razas previamente reportadas, en esta investigación utilizaron 38 variables que representaron los diferentes caracteres de planta comúnmente utilizados en este tipo de estudios, donde encontraron la existencia de una variabilidad morfológica, agrupable en seis conjuntos bien identificados 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.

Por su parte (Yépez, 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 y propiciando un uso más eficiente de la biodiversidad (Salhuana, 2004; Kumar et al, 2022).

En este sentido, el objetivo principal del presente trabajo fue determinar la caracterización morfológica de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en dos localidades de la provincia de Tayacaja, Huancavelica, en el ciclo del cultivo 2019-2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material experimental y sitios de evaluación

En los experimentos se utilizaron 22 variedades experimentales de maíz amiláceo recolectadas en la provincia de Tayacaja, Huancavelica, Perú, más 3 variedades mejoradas de maíz amiláceo proporcionadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Cajamarca, utilizadas como testigos de referencia (Tabla 1).

Los ensayos fueron establecidos en 2 localidades, distribuidas en diferentes distritos productores de maíz amiláceo de la provincia de Tayacaja (Tabla 2).

Caracteres evaluados

Para llevar a cabo la caracterización morfológica se utilizaron 24 caracteres de planta y de mazorca, incluyendo los componentes del rendimiento de grano y algunos caracteres de la espiga.

1. Días a floración masculina (FM): N° de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50% de las plantas en cada unidad experimental (UE) presentaran emisión de polen.
2. Días a floración femenina (FF): N° de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50% de las plantas en cada UE presentaran emisión de estigmas visibles.

Tabla 1: Nombres y lugares de origen de las variedades de maíz amiláceo incluidas en el estudio en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

Entrada	Ecotipo-Variedad	Tipo de variedad	Código-Variedad	Origen del Material Genético	
				Localidad	Distrito
1	Astilla Amarilla-DH	Experimental	G1	Los Ángeles de Cucharán	Daniel Hernández
2	Astilla Blanca-DH	Experimental	G2		
3	Carhuay-Run	Experimental	G3		
4	Carhuay-Q	Experimental	G4	Anccara Pata	Quishuar
5	Bolón-Q	Experimental	G5	Pachas	
6	Chullpy-Q	Experimental	G6	Yacutoclla	
7	Astilla Blanca-P	Experimental	G7	Ahuaycha Casay	Pampas
8	Cusqueado-P	Experimental	G8	Gentil Pampas	
9	Carhuay-P	Experimental	G9	Mantacra	
10	Blanco Gigante-P	Experimental	G10	Providencia Mantacra	
11	Astilla Blanca-C	Experimental	G11	Agua Dulce, Com. Campesina San Julian Alto	Colcabamba
12	Almidón-ST	Experimental	G12	Buenos Aires	Santiago de Tucuma
13	Astilla Blanca-ST	Experimental	G13	Huayrapire	
14	Chullpy-ST	Experimental	G14	Usnupampa	
15	Pistiada-Pi	Experimental	G15	Muyupata	Pichos
16	Carhuay-Pi	Experimental	G16		
17	Morocho Duro-Pi	Experimental	G17	Chinchipampa	
18	Morocho Rojo Duro-Pi	Experimental	G18		
19	Paru Rojo-Pi	Experimental	G19	Willcanpata	
20	Maíz Morado-Pi	Experimental	G20	Huaychaocruz	
21	Paru Occe-Pi	Experimental	G21	Sheccha	
22	Huamamsara-Pi	Experimental	G22	Huasahuayoco	
23	Choclero-101	Testigo	T1	INIA	Cajamarca
24	Choclero-INIA-603	Testigo	T2		
25	INIA-601	Testigo	T3		

Tabla 2: Localidades y fechas de siembra y de cosecha de los experimentos.

N°	Distrito	Ubicación política	Ubicación geográfica		msnm	Fecha de siembra y de cosecha
			Latitud	Longitud		
1	Daniel Hernández	Unidad de producción agrícola del Sr. Adalberto Ega, Anexo Rundo	12° 21' 29.7" S	74° 50' 30.3" W	3217	23/10/2019; 09/06/2020
2	Colcabamba	Unidad de producción agrícola del Instituto Tecnológico	12° 24' 24.41" S	74° 40' 55.95"W	3039	04/12/2019; 10/07/2020

3. Intervalo de floración masculina y femenina (ASI): la diferencia (valor absoluto) entre FM y FF.
4. Altura de planta (AP), 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 UE.
5. Altura de mazorca (AM), se estimó midiendo la altura (cm) desde el nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la primera mazorca, considerando la misma planta utilizada para medir la AP, tomando el promedio de 10 plantas por cada UE.
6. Posición media de la mazorca (PMM), relación entre la AM y AP.
7. Acame de planta (AcP), determinado contando el número de plantas con tallo roto por debajo de la primera mazorca y/o con inclinación $>$ a 30° respecto a la vertical, expresando el resultado en porcentaje respecto al total de plantas registradas en UE.
8. Aspecto de mazorca (AsMz), determinada utilizando una escala de 1 – 5, donde 1 representó una UE cuyas mazorcas mostraron adecuada y alta uniformidad, sanas, con alto potencial de producción, mientras que el valor de 5 representó a una unidad experimental muy deficiente en estos aspectos agronómicos.
9. Prolificidad (Prol), se determinó el número de mazorcas promedio /planta, dividiendo el número total de mazorcas cosechadas en cada UE, entre el número total de plantas registrado en cada UE.
10. Textura del grano (TGr), cuantificada mediante el uso de un texturómetro, utilizando el promedio de 20 granos analizados, expresando el resultado en Newton (N).
11. Mazorcas podridas (MPP), se contó el número de mazorcas que presentaron granos dañados por patógenos, expresando el resultado en porcentaje en relación al total de mazorcas cosechadas en cada UE.
12. Índice de grano (IGr), determinado mediante la relación del peso de grano, entre el peso total con coronta, utilizando una muestra de 10 mazorcas.
13. Longitud del pedúnculo (LP), medido en cm desde el último nudo del tallo hasta la primera ramificación de la panoja.
14. Longitud del raquis principal (LRP), medido en cm, desde la primera ramificación de la panoja hasta la punta de la panoja.
15. Número de ramas primarias (NRP), se contó el número de ramos primarias en la espiga, considerando el promedio de 10 espigas.
16. Número de ramas secundarias (NRS), se contó el número de ramos secundarias en la espiga, considerando el promedio de 10 espigas.
17. Longitud de mazorcas (LM), se midió la longitud de 10 mazorcas representativas de cada UE, utilizando un mazorcómetro como herramienta de medición.
18. Diámetro de mazorca (DM), se midió el diámetro de 10 mazorcas representativas de cada UE, utilizando el mazorcómetro.
19. Diámetro de coronta (DC), se midió el diámetro de las 10 corontas resultantes del desgrane de las 10 mazorcas utilizadas para medir LM y DM.
20. Longitud del grano (LGr), se estimó utilizando la siguiente ecuación: $LGr = (DM/DC)/2$, donde DM y DC ya fueron definidas.
21. Número de hileras (NH), se determinó el número de hileras en 10 mazorcas representativas de cada UE.
22. Número de granos por hileras (NGH), se determinó el número de granos en una hilera de la mazorca, utilizando 10 mazorcas representativas de cada UE.
23. Peso de 300 granos (PMGr); se determinó el peso (gr) de 300 granos tomados en forma aleatoria de la masa de granos producidos en cada UE.
24. Rendimiento en grano (Rend), ajustado a 12% de humedad, expresado en t/ha. Para la determinación de los diferentes caracteres se utilizaron los protocolos apropiados, de acuerdo a los estándares internacionales para la evaluación de caracteres agronómicos de ensayos de maíz, establecidos por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (CIMMYT, 1995) y los descriptores para maíz establecidos por la Junta Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR, por sus siglas en inglés) (IBPGR, 1991).

Análisis de varianza univariado y multivariado

La información obtenida en la evaluación de los diferentes caracteres morfológicos fue sometida a los análisis de varianza individual y combinado, conforme al modelo matemático establecido para el diseño experimental utilizado. El modelo matemático para los análisis individuales univariados en el diseño alfa-látice es el que se presenta en la ecuación 1, indicada a continuación:

$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + R_j + \beta_{k(j)} + \varepsilon_{ijk}$, [Eq. 1] 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.

τ_i representa al efecto fijo de la i -ésima variedad incluida en los ensayos.

R_j representa el efecto aleatorio de la j -ésima repetición

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

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

El modelo matemático para el diseño alfa-látice en los análisis univariados combinados es el que se presenta en la ecuación 2, indicada a continuación.

$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + R_{j(l)} + \beta_{k(jl)} + \gamma_l + (\tau\gamma)_{il} + \varepsilon_{ijkl}$
[Eq. 2], donde:

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

μ representa al efecto de la media general del ensayo.

τ_i representa al efecto fijo de la i -ésima variedad incluida en los ensayos.

$R_{j(l)}$ representa el efecto aleatorio de la j -ésima repetición dentro de la l -ésima localidad.

$\beta_{k(jl)}$ representa al efecto aleatorio del k -ésimo bloque dentro de la j -ésima repetición y l -ésima localidad.

γ_l representa al efecto aleatorio de la l -ésima localidad.

$(\tau\gamma)_{il}$ representa al efecto aleatorio de interacción simple de la i -ésima variedad con la l -ésima localidad.

ε_{ijkl} representa al efecto del error experimental asociado a la observación Y_{ijkl} .

Además de los análisis de la varianza (ANOVA), también se utilizó prueba de medias a posteriori, mediante el uso de la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS) a un nivel $\alpha=0,05$ y contrastes ortogonales, conforme a Steel y Torrie (1988).

Una vez realizado los ANOVAs, se seleccionaron las variables con mayor divergencia entre los genotipos,

para aplicar el análisis de Componentes Principales (CP), utilizando la media de los caracteres estudiados para evaluar la Varianza fenotípica Total. También se utilizó el análisis de Conglomerados o Cluster Analysis, para ayudar en la clasificación de las variedades, utilizando la matriz basada en la distancia euclidiana y aglomeración según Ward (Fuentes, 2011). Una vez generadas las coordenadas de los dos primeros CPs (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 cluster. Los análisis fueron realizados utilizando el paquete estadístico Infostat, ver. 2017.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza univariados

Los resultados de los análisis de varianza (ANOVA) combinado revelaron diferencias altamente significativas ($p<0.01$) o significativas ($p<0.05$) para el efecto de interacción genotipo ambiente (Varx Amb), solamente para para nueve (Rend, NGH, P300, FM, FF, AP, AcP, MPP y NRS) de las 24 variables analizadas. Estos resultados demuestran que, respecto a la mayor parte de los caracteres estudiados, el comportamiento de las variedades estudiadas se mantuvo constante a través de las localidades, resultados que posiblemente se deba al bajo número de ambientes incluidos en el estudio. No obstante, los efectos principales de ambientes y genotipos mostraron efectos altamente significativos ($p<0.01$) o al menos significativos ($p<0.05$) para el 62,50 y 75 % de las variables estudiadas, respectivamente de esperarse, en virtud de la utilización de ambientes contrastantes y genotipos muy di (Tabla 3). En general, los coeficientes de variación (CV) estuvieron aceptables para las variables estudiadas y los altos CV observados en las variables AcP, ASI y MPP son propios de variables medidas en porcentajes o que presentan bajos valores de media, estando el CV muy afectado por la media (Steel y Torrie, 1998).

Todas las variables también presentaron un elevado coeficiente de determinación (R^2) (Tabla 3), lo que demuestra la idoneidad del modelo estadístico utilizado para el desarrollo de los experimentos en campo.

Los contrastes ortogonales realizados para comparar el desempeño de las variedades locales con los testigos, revelaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre éstas y el testigo 1 y 2 para aproximadamente el 58.33 % de las variables analizadas y entre las variedades locales y el testigo 3, para el 70.80 % de las variables analizadas. Cuando se consideró el grupo de variedades locales contra los tres testigos en su conjunto, los contrastes indicaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en un 70.80% de las variables analizadas. Estas diferencias demostraron la superioridad de las variedades mejoradas para la mayoría de los caracteres estudiados, tal como se observa en la Tabla 5, donde las variedades mejoradas superaron a las variedades locales en la longitud de la mazorca, el número de granos por hileras de la mazorca y menor número de ramas primarias en la espiga; no obstante, también resultaron con plantas más altas, mayor altura de mazorca y la mazorca dispuesta un poco arriba del tercio medio de la planta, granos más cortos, con menor número de hileras en la mazorca y un poco más tardías que las variedades locales. Sin embargo, a pesar de las variedades mejoradas presentar plantas más altas y con posición de la mazorca un poco por arriba de la mitad de la planta, el nivel de acame resultó menor que el observado en las variedades mejoradas. Todo esto refleja la importancia que posee el mejoramiento genético de plantas, al permitir la obtención de genotipos con mayores frecuencias alélicas para los caracteres de importancia económica en los cultivos. En este sentido, Carena (2005) señala que los trabajos desarrollados para la obtención de poblaciones mejoradas, a la fecha han demostrado la importancia

que posee el mejoramiento genético de germoplasma, para permitirle a los productores la posibilidad de utilizar genotipos que le aseguren el éxito en sus procesos productivos. También Espinosa et al (2009) refieren que las variedades mejoradas generalmente poseen mayor rendimiento y características agronómicas deseables, superando a las variedades locales, que no han sufrido ningún proceso de mejora científica, lo que las convierte en genotipos más demandados por los agricultores. En este estudio, el rendimiento de grano, el diámetro de la mazorca, el peso de 300 granos, el intervalo entre la floración masculina y femenina, al aspecto de mazorca, la textura del grano, las mazorcas podridas, el índice de grano, la longitud del pedúnculo, el número de ramas secundarias y la prolificidad resultaron iguales entre ambos grupos de germoplasmas (variedades mejoradas y locales).

Análisis de varianza multivariados

El análisis de componentes principales (CP) demostró que entre los dos primeros CP (CP-1 y CP-2) explicaron el 58 % de la variación total de los caracteres de planta y de mazorca medidos en el experimento, mientras que los tres primeros CPs explicaron 67% de dicha variación (Tabla 6). Arellano et al. (2010) reportaron resultados similares, señalando un 57% de la variabilidad total de las variables medidas, explicadas entre el CP-1 y el CP-2. También Contreras et al. (2016) reportaron un 69,6 % de la variación observada, con los tres primeros CPs, al evaluar 24 caracteres de planta y de mazorca en 81 genotipos nativos de los valles de México.

Tabla 3: Resumen de análisis de varianza de 25 variedades de maíz evaluadas en dos ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo 2019 – 2020.

Variables	CV (%)	R ²	Media	Mínimo	Máximo	Cuadrados Medios		
						Ambiente (Amb)	Variedades (Var)	Var x Amb
Rendimiento	15.23	0.88	4.050	1.26	7.70	20.42 *	1.35	1.42 **
Prolificidad	13.38	0.82	0.98	0.52	1.62	2.26 **	0.06 *	0.02
Longitud de Mazorca	6.67	0.91	10.24	6.91	16.44	16.21 *	8.99 **	0.56
Diámetro de mazorca	0.73	9.83	5.03	3.61	10.58	1.39	1.14 **	0.19
Diámetro de coronta	8.65	0.89	2.22	1.19	3.31	1.32	0.40 **	0.03
Longitud del grano	14.29	0.96	2.16	0.49	4.65	92.57 **	0.80 **	0.13
Nº hileras	5.36	0.97	10.82	8.00	18.80	0.01	22.53 **	0.29
Nº granos /hileras	5.18	0.89	20.39	15.50	26.60	1.30	14.10 **	2.18 *
Peso de 300 granos	6.15	0.97	173.74	75.09	324.22	19815.82 **	7183.27 **	1007.15 **

Floración masculina	1.91	0.97	108.47	94	135	4942.14 **	139.36 **	7.77 *
Floración femenina	2.07	0.97	115.28	99	145	4076.83 **	174.60 **	11.33 *
Intervalo de floración	33.03	0.67	6.81	1	18	41.81	14.76 **	4.04
Altura de planta	4.45	0.94	227.84	177.50	297.30	83261.04 **	818.97 **	196.38 *
Altura de mazorca	6.75	0.96	121.39	73.20	191.40	69217.15 **	948.97 **	94.64
Posición media de mazorca	5.72	0.88	0.53	0.31	0.67	0.21 **	0.01 *	0.001
Acame	48.02	0.72	21.61	0.00	76.91	3066.37 *	250.47	213.40 *
Aspecto de mazorca	10.41	0.65	2.90	2.00	3.50	0.17	0.16	0.15
Textura de grano	15.31	0.89	38.03	18.58	80.25	3.96	611.10 **	47.21
Mazorca podrida	58.68	0.87	9.70	0.00	43.33	9449.08 **	90.99	65.71 *
Índice de grano	4.51	0.71	0.81	0.68	0.93	0.0001	0.0035	0.0026
Longitud del pedúnculo	9.45	0.84	20.49	14.48	38.74	784.24 **	11.48 *	5.53
Longitud raquis principal	5.06	0.72	33.25	28.64	40.12	135.26 **	8.69 *	2.78
Nº ramas primarias	10.14	0.80	15.20	6.20	23.80	0.05	18.59 **	3.24
Nº ramas secundarias	8.66	0.99	8.85	1.50	14.84	2755.90 **	1.36	2.00 **

* y **, significan diferencias estadísticas significativas al 5 y 1%, respectivamente. CV y R2 significan coeficiente de variación y de determinación, respectivamente.

Tabla 4: Contrastes ortogonales para diferentes caracteres de entre las variedades locales vs las mejoradas.

Contrastes	Rend	LM	DM (x10 ²)	DC	LGr	NH	NGH	P300
Locales Vs T1	0.02	88.70**	0.13	2.73**	1.40**	1.00	117.70**	1691.93**
Locales Vs T2	2.68*	20.18**	35.20	0.65**	1.00**	30.02**	4.05	21078.61**
Locales Vs T3	1.03	39.04**	249.79**	1.02**	3.70**	0.54	61.34**	11883.47**
Locales Vs INIA	2.15*	112.66**	137.54*	3.31**	4.83**	6.93**	121.26**	112.19

Contrastes	Prol (x10 ²)	FM	FF	ASI	AP	AM	PMM (x 10 ²)	AcP
Locales Vs T1	0.50	26.25*	0.41	20.13*	1323.66**	1042.28**	0.27	3098.73**
Locales Vs T2	0.33	153.32**	41.26**	35.51**	2032.57**	955.11**	0.05	810.42**
Locales Vs T3	6.83*	245.22**	198.54**	2.46	3559.56**	3030.03**	0.74**	152.12
Locales Vs INIA	2.43	349.73**	149.55**	41.88**	6252.25**	4438.64**	0.83**	2699.74**

Contrastes	AsMz	TGr	MPP	IGr (x 10 ²)	LP	LRP	NRP	NRS
Locales Vs T1	0.29	442.45**	58.38	0.02	72.81**	58.17**	118.10**	1.68
Locales Vs T2	0.02	135.61*	47.23	0.12	12.02	2.38	14.61*	0.03
Locales Vs T3	0.27	1.70	210.93*	0.40	23.48*	20.91**	11.09*	2.34*
Locales Vs INIA	0.28	33.27	270.15**	0.24	11.75	57.92**	33.25**	0.02

* y ** indican diferencias estadísticas significativas al 5 y 1%, respectivamente. Rend, LM, DM, DC, LGr, NH, NGH, P300, Prol, FM, FF, ASI, AP, AM, PMM, AcP, AsMz, TGr, MPP, IGr, LP, LRP, NRP Y NRS, se refieren al rendimiento de grano, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de coronto, longitud del grano, Nº de hileras en la mazorca, Nº de granos /hileras, peso de 300 granos, prolificidad, floración masculina, floración femenina, intervalo de floración, altura de planta, altura de mazorca, posición media de la mazorca, acame de planta, aspecto de mazorca, textura de grano, mazorcas podridas, índice de grano, longitud del pedúnculo de la panoja, longitud del raquis principal de la panoja, Nº de ramas primarias y Nº de ramas secundarias, respectivamente.

Tabla 5: Valores promedios de caracteres de planta y de mazorca evaluados en variedades locales y mejoradas en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

Trat	Rend (t/ha)	LM (cm)	DM (cm)	DC (cm)	LGr (cm)	NH (N°)	NGH (N°)	P300 (g)
Media Var-Locales	4.006 b	9.85 d	5.07 a	2.16 c	2.24 a	10.92 a	19.99 c	173.85 b
T ₁	4.080 b	14.50 a	5.09 a	2.97 a	1.65 bc	11.41 a	25.35 a	153.54 c
T ₂	4.790 a	12.00 c	4.79 ab	2.54 b	1.76 b	8.29 c	20.96 c	243.35 a
T ₃	4.491 ab	12.83 b	4.32 b	2.64 b	1.32 bc	10.56 b	23.72 b	121.89 d
Media Testigos	4.45 ab	13.11 b	4.73 ab	2.72 b	1.58 bc	10.09 b	23.34 b	172.93 b
MDS	0.71	0.79	0.57	0.22	0.36	0.67	1.22	12.30

Trat	FM (días)	FF (días)	ASI (días)	AP (cm)	AM (cm)	PMM	Ac (%)	AsMz (1 – 5)
Media Var-Locales	107.85 c	114.89 c	7.03 a	225.21 b	119.19 c	0.52 b	19.81 c	2.92 a
T ₁	110.25 b	115.18 c	4.93 ab	242.22 a	134.28 b	0.55 ab	45.83 a	2.67 a
T ₂	113.63 a	117.88 b	4.25 b	246.25 a	133.61 b	0.53 ab	33.09 b	2.98 a
T ₃	115.15 a	121.45 a	6.30 ab	253.00 a	144.83 a	0.56 a	25.55 bc	2.68 a
Media Testigos	113.01 a	118.17 b	5.16 ab	247.15 a	137.57 ab	0.55 ab	34.83 b	2.77 a
MDS	2.38	2.74	2.59	11.68	9.42	0.03	11.94	0.35

Trat	TGr (N)	MPP (%)	IG	LP (cm)	LRP (cm)	NRP (N°)	NRS (N°)	Prol (Mz/P)
Media Var-Locales	37.83 bc	10.24 a	0.81 a	20.36 b	32.99 b	15.42 a	8.85 a	0.98 a
T ₁	47.66 a	6.67 ab	0.81 a	24.35 a	36.56 a	10.34 c	8.25 b	1.01 a
T ₂	32.39 c	7.03 ab	0.79 a	21.98 b	33.71 b	13.63 b	8.77 a	0.95 a
T ₃	38.43 bc	3.47 b	0.78 a	18.10 c	35.12 ab	16.97 a	9.57 a	1.10 a
Media Testigos	39.50 b	5.72 ab	0.79 a	21.47 b	35.13 ab	13.65 b	8.86 a	1.02 a
MDS	6.70	6.55	0.04	2.23	1.93	1.77	0.88	0.15

Medias con la misma letra indican diferencias no significativas ($p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Tabla 6: Autovalores Lambda y proporción de varianza individual y acumulada de cada uno de ellos en función del conjunto de caracteres estudiados.

Autovalor Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
CP-1	8.71	0.38	0.38
CP-2	4.59	0.20	0.58
CP-3	2.01	0.09	0.67
20 CPs restantes	7.69	0.33	1.00

Aunque los tres primeros CP explicaron alrededor de un 67 % de la variabilidad total observada entre los 24 caracteres estudiados, aún queda un acumulado de 33 % de la variación total observada que es explicada por los 21 autovalores restantes, de los cuales los últimos 19 no resultaron significativos, pues cada uno de ellos sólo llegó a explicar menos del 5 % de la variabilidad

total observada en el conjunto de caracteres analizados. Todo ello demuestra la complejidad de estos caracteres cuantitativos, gobernados por muchos genes, con cada gen teniendo sólo un pequeño efecto sobre el carácter, pero, además, muy afectados por los factores ambientales, tal como lo explica Hallauer et al. (2010). Estos resultados difieren de lo observado

por Ángeles et al. (2010), quienes al estudiar 19 caracteres de planta y de mazorca en variedades nativas de México, reportaron que los tres primeros CPs sólo explicaron 57,8 % de la variación total observada en las 19 variables evaluadas. En función de los valores propios, en el primer componente (CP-1) las variables originales con mayor contribución a la variación total fueron la floración masculina (FM) y femenina (FF), la altura de planta (AP) y de mazorca (AM), posición media de la mazorca (PMM), el aspecto de mazorca (AsMz), la prolificidad (Prol), la textura de grano (TGr), las mazorcas podridas (MPP), el diámetro de coronta (DC), la longitud del grano (LGr), el número de hileras en la mazorca (NH), el número de granos /hileras de la mazorca (NGH), el número de ramas secundarias (NRS) y el peso de 300 granos (P300). En el primer CP también contribuyeron

a la variación fenotípica total, aunque en menor magnitud, los caracteres acamen de planta (AcP), el índice de granos (IGr), la longitud de la mazorca (LM) y el número de ramas primarias (NRP). En el segundo CP (CP-2), las variables originales de mayor significancia fueron el intervalo de floración (ASI), la AP, el AcP, la LM, el DC, el NH, la longitud del pedúnculo (LP), la LRP y el P300. Las variables rendimiento de grano (Rend), FF, LGr, NGH y NRS también contribuyeron a este segundo componente, aunque con menor peso en la variación fenotípica total. El tercer componente (CP-3) resultó fuertemente influenciado por las variables Rend y AsMz; también las variables ASI, AM, AcP, TGr, LP, NRS contribuyeron con el CP-3, pero con menor peso sobre la variación fenotípica total (Tabla 7).

Tabla 7. Vectores propios para los tres primeros componentes principales (CPs) de 24 caracteres de planta y de mazorca en maíz, evaluados en dos ambientes en el ciclo 2019 – 2020.

Variables	CP-1	CP-2	CP-3
Rendimiento (Rend)	0.17	0.33*	0.64**
Floración Masculina (FM)	0.93**	-0.09	-0.09
Floración Femenina (FF)	0.88**	-0.31*	-0.21
Intervalo de floración (ASI)	0.17	-0.82**	-0.38*
Altura de Planta (AP)	0.83**	0.2	0.03
Altura de Mazorca (AM)	0.93**	0.02	0.01
Posición Media de Mazorca (PMM)	0.93**	-0.06	0.01
Acame de Planta (AcP)	0.34*	0.65**	-0.37*
Aspecto de Mazorca (AsP)	-0.49**	0.01	-0.59**
Prolificidad (Prol)	0.80**	0.22	0.20
Textura de Grano (TGr)	0.66**	-0.18	-0.38*
Mazorcas Podridas (MPP)	-0.74**	-0.13	-0.25
Índice de Grano (IGr)	-0.35*	0.22	0.07
Longitud de Mazorca (LM)	0.42*	0.84**	0.14
Diámetro de Coronta (DC)	0.54**	0.55**	-0.25
Longitud del Grano (LGr)	-0.48**	-0.34*	0.28
N° de Hileras (NH)	0.48**	-0.52**	-0.31*
N° de Granos /Hileras (NGH)	0.78**	0.45*	-0.03
Longitud del Pedúnculo (LP)	-0.28	0.47**	-0.43*
Longitud del Raquis Principal (LRP)	0.15	0.57**	-0.10
N° de Ramas Primarias (NRP)	0.45*	-0.78**	0.26
N° de Ramas Secundarias (NRS)	0.53**	-0.40*	0.33*
Peso de 300 granos (P300)	-0.62**	0.46**	0.12

Correlación cofenética= 0,966. * y ** indican diferencias significativas al 5 y 1 %, respectivamente.

De acuerdo al análisis de componentes principales (CP), en función del CP-1 y el CP-2, determinó seis grupos distintos entre los cultivares estudiados, en función de las variables analizadas.

En el primer cuadrante, el primer grupo lo integran T3, G19 y G18, caracterizados por ser los materiales más altos y con mayor altura de mazorca, los más prolíficos y con mayor número de granos por hileras de la mazorca.

En este mismo cuadrante, un segundo grupo lo integran T1 y T2, caracterizados por presentar los mayores niveles de productividad, mayor diámetro de coronta, con mazorcas más grandes, con mayor longitud del raquis principal de la espiga, pero también, con mayores niveles de plantas acamadas. Un tercer grupo se ubicó en el segundo cuadrante, constituido por las variedades locales G1, G17, G15, G7, G8, G4, G6, G9, G2 y G10, caracterizados por presentar las mayores longitudes del pedúnculo de la espiga, mayor peso de 300 granos, mayores índices de granos y mejor calificación del aspecto de mazorcas, pero también con los mayores porcentajes de mazorcas podridas.

En el tercer cuadrante, se identificó un cuarto grupo de materiales, integrados por las variedades locales G11, G3, G16, G12, y G22, caracterizados por presentar los mayores porcentajes de mazorcas podridas y las mayores longitudes de grano. En este mismo cuadrante, se pudo ubicar un quinto grupo, conformado por las variedades G20 y G5 y G21, presentando los mayores intervalos de floración, elevado número de ramas primarias en la espiga y con los mayores números de hileras en la mazorca.

En el cuarto cuadrante, se puede notar un sexto grupo y último grupo, integrado por las variedades G13 y G14, caracterizadas por estar entre los genotipos que presentaron los mayores números de hileras en la mazorca, mayores números de ramas secundarias en la espiga, siendo además las más tardías y con mayores niveles de textura de grano y con la mazorca colocada arriba de la mitad de la planta (Figura 1).

El análisis de conglomerados también reveló la conformación de 6 grupos bien diferenciados, siendo el primero de ellos el más numeroso, integrado por 11 genotipos (G1, G3, G9, G10, G8, G4, G11, G16, G12, G2 y G6). El segundo grupo lo integraron las variedades locales G17, G5, G20, G22 y G21. Un tercer grupo estuvo conformado sólo por las

variedades locales G13 y G14. El cuarto grupo, lo integraron los genotipos G15, G7 y T2. El quinto grupo también lo integraron 3 materiales (G18, G19 y T3), mientras que el sexto grupo fue sólo para el Testigo 1 (T1) (Figura 2).

El grupo 1 se caracterizó por presentar elevado aspecto de mazorca (AsMz), altos porcentajes de mazorcas podridas (MPP) y granos largos (LGr), siendo los más precoces, con baja posición de la mazorca (PMM), baja longitud de mazorcas (LM) y con menor número de granos por hileras de la mazorca (NGH). El grupo 2 presentó el segundo mejor rendimiento (Rend), aunque estadísticamente ($P < 0.05$) similar al resto de los grupos, con las plantas más altas y elevada altura de mazorca, con la mazorca ubicada arriba de la mitad de la planta, siendo los materiales más prolíficos, con bajos niveles de mazorcas podridas y pedúnculos cortos.

El tercer grupo fue el que presentó los mayores niveles de acame de planta, presentando granos largos, mazorcas largas y con elevado diámetro de coronta, elevado número de granos por hileras en la mazorca, pedúnculos largos y panojas con los mayores valores de longitud del raquis principal.

El cuarto grupo resultaron los genotipos más tardíos y con mayor ASI, plantas altas y con alta PMM, plantas prolíficas y granos más duros, con elevado número de hileras en la mazorca y elevado número de ramas primarias en la panoja, presentando además mazorcas cortas y bajo peso de 300 granos (P300).

El quinto grupo se caracterizó por presentar buen aspecto de mazorca y P300 elevado, con posición de la mazorca por debajo de la mitad de la planta, con bajo número de hileras en la mazorca y bajo número de ramas primarias en la panoja.

El grupo seis, presentó el segundo mejor nivel de longitud del grano y el tercer mejor rendimiento de grano, siendo además el que presentó el menor porcentaje de plantas acamadas, con mazorcas cortas, de bajo diámetro de coronta y bajo número de granos por hileras en la mazorca (Tabla 8)

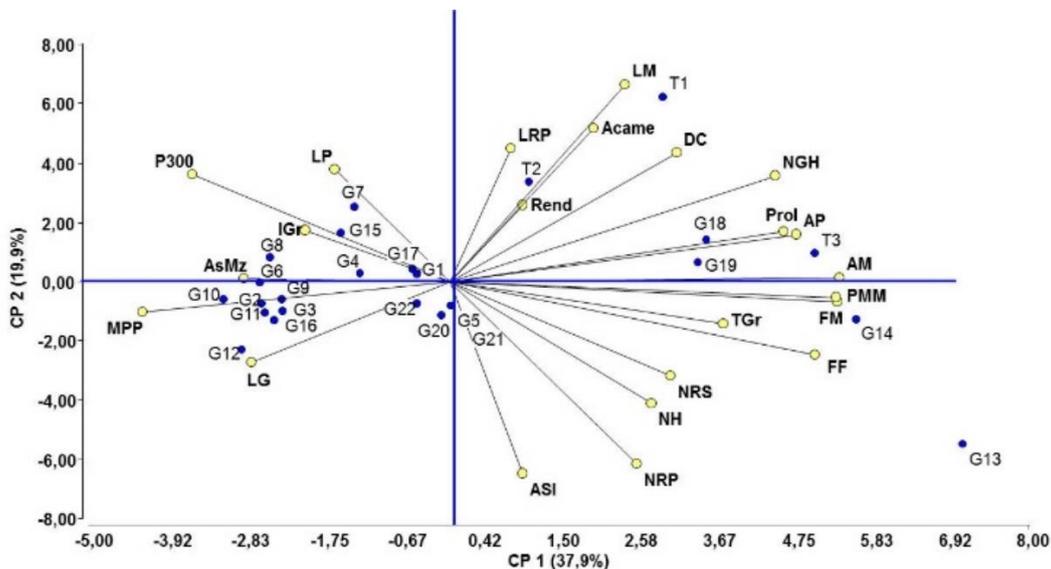


Figura 1. Análisis de componentes principales para la caracterización morfológica de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en 2 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

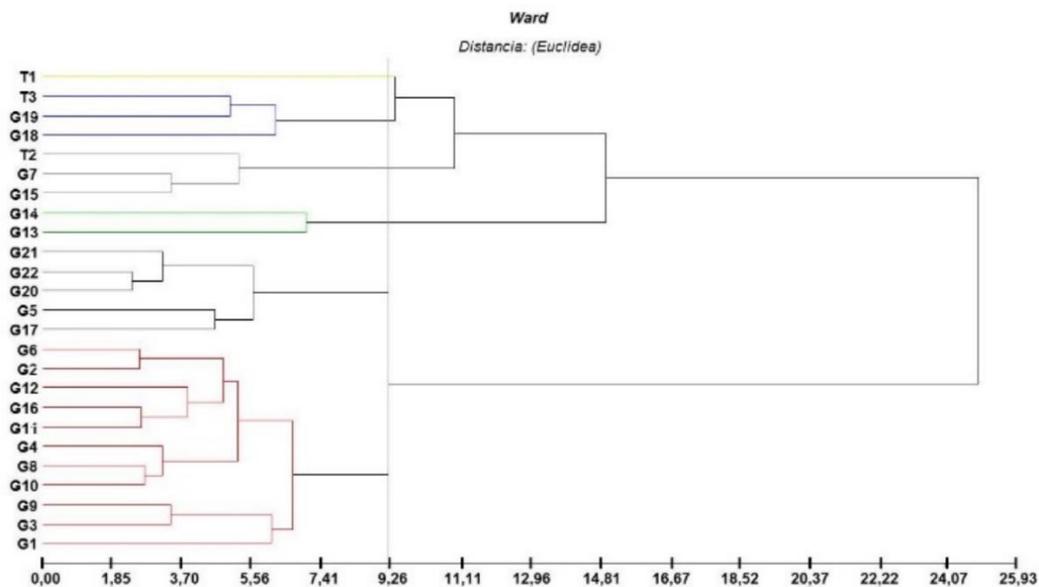


Figura 2. Análisis de conglomerados para la caracterización morfológica de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en 2 ambientes de la provincia de Tayacaja en el ciclo del cultivo 2019 – 2020.

La mayoría de estas variables también han sido utilizadas en estudios previos para evaluar la diversidad genética de genotipos locales, en diferentes regiones tropicales y sub-tropicales del mundo (López et al., 2005; Mijangos et al., 2007; Rocandio et al., 2014), lo cual demuestra la utilidad de las mismas para la clasificación y caracterización de la variabilidad fenotípica de materiales locales de maíz. En este sentido, Rocandio et al. (2014) señalaron que las variables días a floración femenina, la longitud del raquis principal de la espiga, número de hileras en la mazorca, longitud y diámetro de la mazorca, el ancho de grano, peso de 100 granos, longitud del grano,

fueron las variables que les permitieron obtener información de calidad, para valorar la diversidad racial del grupo de poblaciones de maíz evaluadas, provenientes de los valles altos mexicanos. En este estudio, excepto las variables rendimientos, índice de grano y número de ramas secundarias en la espiga, las cuales no dieron diferencias significativas entre los grupos (Tabla 8), todas las variables restantes proporcionaron información apropiada, para la formación de seis grupos bien diferenciados entre sí, en función de la variabilidad fenotípica total generada por el conjunto de caracteres analizados.

Tabla 8: Valores promedios de las diferentes variables analizadas para cada uno de los grupos conformados conforme al análisis de conglomerados.

Variables	Grupos											
	1		2		3		4		5		6	
Rend	3.86	A	4.48	A	3.76	A	4.05	A	4.67	A	4.11	A
FM	104.36	D	114	B	111	BC	120.25	A	109.33	C	108.4	C
FF	111.5	D	119.5	B	115.5	BCD	131	A	114.5	CD	115.5	BC
ASI	7.14	B	5.5	C	4.5	C	10.5	A	5	C	7.1	B
AP	220.27	C	242.83	A	239.5	AB	242.75	A	231	AB	228.5	B
AM	111.68	C	139.17	A	132.5	AB	145.25	A	119.17	BC	124	B
PMM	0.5	D	0.57	AB	0.55	BC	0.59	A	0.51	D	0.54	C
Acame	19.82	BC	24.17	BC	48.3	A	22.88	BC	25.62	B	16.44	C
AsMz	2.95	A	2.68	B	2.75	AB	2.83	AB	2.97	A	2.88	AB
Prol	0.9	C	1.15	A	1.05	AB	1.18	A	1.03	B	0.96	BC
TGr	33.68	C	38.62	BC	47.4	B	66.95	A	31.1	C	38.09	BC
MPP	12.92	A	3.18	C	6.45	ABC	6.4	BC	12	AB	7.08	ABC
IGr	0.82	A	0.8	A	0.83	A	0.78	A	0.79	A	0.8	A
LM	9.52	D	12.3	B	14.25	A	9.08	D	11.37	C	9.65	D
DC	2.08	C	2.4	B	2.95	A	2.53	B	2.6	B	1.99	C
LGr	2.48	A	2.01	B	1.55	B	1.85	B	2.02	B	2.16	AB
NH	10.9	B	10.3	B	11.4	B	16.75	A	8.27	C	10	B
NGH	19.39	D	23.07	B	25.25	A	22.5	B	20.62	C	19.1	D
LP	21.13	B	19.12	C	23.6	A	19.55	BC	20.7	BC	19.82	BC
LRP	33.02	B	33.67	B	36.2	A	32.28	B	33.07	B	33.41	B
NRP	15.01	C	16.63	B	10.2	E	18.95	A	13.58	D	15.3	C
NRS	8.75	A	9.38	A	8.35	A	9.48	A	8.62	A	8.84	A
P300	179.3	B	142.33	C	157	BC	94.48	D	239.18	A	176.24	B

CONCLUSIÓN

El estudio demostró la superioridad de las variedades mejoradas para la mayoría de los caracteres estudiados, lo cual refleja la importancia del mejoramiento genético de plantas, en la obtención de genotipos de mejor desempeño agronómico comparado con las variedades originales.

Entre los tres primeros componentes principales (CPs) lograron explicar 67 % de la variación total de los caracteres de planta y de mazorca medidos en el conjunto de genotipos estudiados.

Las 25 variedades fueron clasificadas en 6 grupos distintos, donde el testigo tres quedó agrupadas junto a otras dos variedades nativas, mientras que el T1 y T2 fueron separados en otro grupo del resto de variedades nativas.

Las 24 variables utilizadas en el estudio resultaron apropiadas para la clasificación y caracterización de la variabilidad fenotípica de materiales locales de maíz, excepto del rendimiento de grano, el índice de grano y el número de ramas secundarias en la espiga, para las cuales no se observó diferencias entre los grupos de materiales.

AGRADECIMIENTO

Los autores del trabajo desean expresar su agradecimiento al Dr. Pedro J. García M., por la revisión del trabajo y los aportes realizados para mejorar su calidad técnica científica, al Sr. Adalberto Egas y al Instituto Tecnológico de Colcabamba, por haber facilitado sus predios para el establecimiento de los experimentos. También a la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Al-Naggar, A. M., Shafik, M. M. and Musa, R. Y. M. 2020. Genetic Diversity Based on Morphological Traits of 19 Maize Genotypes Using Principal Component Analysis and GT Biplot. *Annual Res. Rev. Biol.*, 35(2):68-85. Disponible en: <https://journalarrb.com/index.php/ARRB/article/view/30191/56672>.
- [2] Ángeles-Gaspar, E., Ortiz-Torres, E., López, P. y López-Romero, G. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 33 (4): 287 – 296.
- [3] Carena, M. J. 2005. Maize commercial hybrids compared to improved population hybrids for grain yield and agronomic performance. *Euphytica* 141: 201-208.
- [4] Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1995. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. México, D.F. 21 p. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/764/68309.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] Contreras-Molina, O., Gil-Muñoz, A., López, P. A., Reyes-López, D. y Guerrero-Rodríguez, J. D. 2016. Caracterización morfológica de maíces nativos de la Sierra Nororiental de Puebla, México. *Rev. Mex. Cien. Agríc.*, 17: 3633-3647. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263149506019.pdf>.
- [6] Espinosa, A., M. Tadeo, A. Turrent, and N. Gómez. 2009. "El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz." *Ciencias s.v* (92):118-125,
- [7] Fuentes, S. 2011. Análisis conglomerado. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Madrid, España. 82 p. Disponible en: http://www.estadistica.net/Master-Econometria/Analisis_Cluster.pdf.
- [8] Guacho A., E. F. 2014. Caracterización agromorfológica 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.
- [9] Hallauer, A. R., Carena, M. J. y Miranda Filho, J. B. 2010. *Quantitative genetics in maize breeding*. 3rd. Ed., London, Springer. 663 p.
- [10] 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.
- [11] Kumar, B., Rakshit, S., Kumar, S., Kumar S., B., Lahkar, C., Kumar J., A., Kumar, K., Kumar, P., Choudhary, M., Bir S., S., Amalraj, J. J., Prakash, B., Khulbe, R., Chand K., M., Chirravuri, N. N. and Hossain, F. 2022. Genetic Diversity, Population Structure and Linkage Disequilibrium Analyses in Tropical Maize Using Genotyping by Sequencing. *Plants*, 11, 799: 1 – 14. <https://doi.org/10.3390/plants11060799>. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/6/799>.
- [12] López-Romero G., A. Santacruz-Varela, A. Muñoz-Orozco, F. Castillo- González, L. Córdova-Téllez y H. Vaquera-Huerta. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30:284-290. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442005000500008&script=sci_arttext.
- [13] Mijangos-Cortés J. O., T. Corona-Torres, D. Espinosa-Victoria, A. Muñoz-Orozco, J. Romero-Peñaloza and A. Santacruz-Varela. 2007. Differentiation among maize (*Zea mays* L.) landraces from the Tarasca Mountain Chain, Mexico and the Chalqueño complex. *Genetic Resources and Crop Evolution* 54:309-325. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/225498363_Differentiation_among_Maize_Zea_mays_L_Landraces_from_the_Tarasca_Mountain_Chain_Michoacan_Mexico_and_the_Chalqueño_Complex.
- [14] Quispe J., F. Arroyo C., K. y Gorriti G., A. 2011. Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa – Perú. *Rev Soc Quím Perú*. 77 (3):205 – 217. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 2(3): 317-329.
- [15] 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.
- [16] Ríos T., J. 2015. Caracterización morfológica de cultivares de maíz amiláceo (*Zea mays* L) en condiciones agroecológicas de Quisca - Ambo 2013. Tesis presentada para optar el título profesional de: Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán-Huánuco.
- [17] Rocandio-Rodríguez, M., Santacruz-Varela, 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. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v37n4/v37n4a8.pdf>.
- [18] 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.
- [19] Steel, R. G. D. Torrie, J. H. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. Traducido por, Ricardo Martínez B, Revisión técnica Jesús María Castaño. 2da. Edición, Publisher, McGraw-Hill, 1996. México, D. F. 622 p.
- [20] Yopez 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. 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.
- [21] 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.