



Variabilidad genética en líneas de maíz (*Zea mays* L.) con múltiples mazorcas en condiciones altoandinas

Genetic Variability in Maize Lines (*Zea mays* L.) with Multiple Ears under High-Andean Conditions

Victor Chavez Centeno¹ , Haydee Rosalía Palomino Gutiérrez¹ , Frida Maria Chavez Centeno² , Lisbeth Diana Crispin Pari¹ , Jesús Antonio Jaime Piñas¹ 

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

²Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú

Autor de correspondencia

Victor Chavez Centeno 

Historial del artículo

Recibido el 27 de julio de 2025 | Revisado el 4 de diciembre de 2025 | Aceptado el 23 de diciembre de 2025

Referencia del artículo

Chavez Centeno, V., Palomino Gutiérrez, H. R., Chavez Centeno, F. M., Crispin Pari, L. D., & Jaime Piñas, J. A. (2025). Variabilidad genética en líneas de maíz (*Zea mays* L.) con múltiples mazorcas en condiciones altoandinas. *Revista Altoandina de Ciencias Agrarias*, 1(2), pp. 59-67. <https://doi.org/10.54943/recialcia.842>

RESUMEN

El maíz cultivado en la sierra centro peruana enfrenta limitaciones productivas que comprometen la seguridad alimentaria local. La prolificidad, definida como la capacidad de producir dos o más mazorcas por planta, representa una estrategia prometedora para incrementar el rendimiento sin ampliar la superficie cultivada. Este estudio reporta la identificación de líneas multiprolíficas en el banco de germoplasma de la Agencia Agraria Chincheros Apurímac, contribuyendo al desarrollo de alternativas genéticas para la agricultura de montaña. Se evaluaron fenotípicamente 520 líneas de maíz bajo condiciones de polinización libre, en dos parcelas experimentales ubicadas entre 2.850 y 3.600 metros de altitud. Se aplicó un diseño descriptivo observacional, muestreando 10 plantas por línea y registrando el número de mazorcas por planta como variable principal. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y clasificados en rangos de prolificidad. Los resultados revelaron que 97 líneas (18.7 %) presentaron capacidad multiprolífica, produciendo entre dos y cinco

mazorcas por planta. La distribución mostró mayor concentración en rangos medios (34.8 %), mientras que tres líneas excepcionales alcanzaron el rango muy alto (1.75-2.10 mazorcas por planta). No se registraron efectos adversos asociados a la proliferación de mazorcas múltiples, manteniéndose el vigor vegetativo normal. La identificación de germoplasma multiprolífico representa un recurso genético valioso para programas de mejoramiento orientados al mejoramiento del rendimiento. Estas líneas ofrecen potencial para aumentar la productividad entre 50 % y 100 % por planta, constituyendo una alternativa sostenible para fortalecer la seguridad alimentaria en ecosistemas de sierra centro, sin requerir insumos adicionales.

Palabras clave: maíz; mazorcas; epistasis; rendimiento; germoplasma

ABSTRACT

Maize cultivated in Peru's central highlands faces productive limitations that compromise local food security. Prolificity, defined as the capacity to produce two or more ears per plant, represents a promising strategy to increase yield without expanding cultivated area. This study reports the identification of prolific lines in the germplasm bank of Agencia Agraria Chincheros Apurímac, contributing to the development of genetic alternatives for mountain agriculture. A total of 520 maize lines were phenotypically evaluated under open pollination conditions in two experimental plots located between 2,850 and 3,600 meters altitude. A descriptive observational design was applied, sampling 10 plants per line and recording the number of ears per plant as the main variable. Data were analyzed using descriptive statistics and classified into prolificity ranges. Results revealed that 97 lines (18.7%) presented prolific capacity, producing between two and five ears per plant. The distribution showed greater concentration in medium ranges (34.8%), while three exceptional lines reached the very high range (1.75-2.10 ears per plant). No adverse effects associated with multiple ear proliferation were recorded, maintaining normal vegetative vigor. The identification of prolific germplasm represents a valuable genetic resource for breeding programs oriented toward yield improvement. These lines offer potential to increase productivity between 50 and 100 percent per plant, constituting a sustainable alternative to strengthen food security in central highland ecosystems without requiring additional inputs.

Keywords: maize; ears; epistasis; yield; germplasm

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, pues junto con el trigo y el arroz abastece gran parte de calorías consumidas por la población humana. Perú, reconocido como un país megadiverso, alberga más de 80 de las 117 zonas de vida del planeta y es considerado uno de los centros de mayor variabilidad genética de maíz, con más de 52 razas descritas y aproximadamente 4 000 accesiones conservadas en bancos de germoplasma.

En la sierra centro peruana (departamentos de Junín, Huancavelica y

Ayacucho), la producción de maíz promedió 1,73 mil toneladas en 2023, lo que representa un incremento del 5 % respecto al año anterior; sin embargo, los rendimientos locales ($2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) siguen siendo bajos comparados con el potencial agronómico y la media nacional, debido a factores como heladas, sequías, suelos de baja fertilidad y limitado acceso a semillas mejoradas. La diversidad del maíz en los Andes responde a su origen mesoamericano y a la dispersión histórica que, junto con la selección tradicional, ha generado una amplia variabilidad morfológica y adaptativa.

En particular, las razas andinas muestran adaptaciones a altitudes de 2 850 a 3 600 m

s. n. m., variabilidad fenológica y resistencia a estrés abiótico, constituyendo un recurso genético valioso para programas de mejoramiento. Un rasgo cuantitativo de gran interés es la prolificidad, entendida como la capacidad de la planta para producir dos o más mazorcas. Estudios en germoplasma latinoamericano han reportado frecuencias de líneas multiprolíficas de entre 8-12 % en condiciones tropicales (Márquez-Sánchez, 2013), pero se han documentado valores superiores en colecciones andinas, evidenciando la singularidad genética de las razas locales. La epistasis —es decir, las interacciones génicas— juega un papel clave en la expresión de la prolificidad y otros caracteres de rendimiento (Wang & Li, 2009), especialmente bajo polinización abierta, donde se maximiza la variabilidad genética.

El banco de germoplasma de la Agencia Agraria Chincheros Apurímac conserva más de 800 accesiones procedentes de la sierra centro, muchas de las cuales no han sido caracterizadas exhaustivamente. La identificación de líneas con alta prolificidad en este banco permitirá disponer de parentales de élite para cruzamientos dirigidos a incrementar la productividad sin aumentar el área cultivada, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas de minifundio que predominan en la sierra centro.

El presente estudio tiene como objetivo identificar y describir las líneas de maíz que producen dos o más mazorcas por planta en el banco de germoplasma de la Agencia Agraria Chincheros Apurímac. Mediante un diseño descriptivo observacional bajo condiciones de polinización libre, se evaluaron 520 líneas en dos parcelas experimentales y se clasificó la prolificidad en rangos definidos.

Los resultados aportaron información estratégica para la selección genética y la conservación de un recurso adaptado a condiciones de gran altitud, así como una base empírica para futuros programas de mejoramiento y estudios de genómica funcional orientados al desarrollo de variedades de alto rendimiento y resiliencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se ejecutó en las instalaciones de la Agencia Agraria Chincheros Apurímac, ubicada en la provincia de Chincheros, departamento de Apurímac, Perú. La zona se caracteriza por condiciones agroecológicas de sierra centro, con altitudes comprendidas entre 2,850 y 3,600 metros sobre el nivel del mar; temperaturas variables estacionales típicas del ecosistema altoandino; y un régimen pluviométrico estacional que oscila entre 800 y 1,200 mm anuales. Las coordenadas geográficas aproximadas del área de estudio son 13°34'S, 73°46'O.

Metodología empleada

Se aplicó una metodología descriptiva observacional de tipo transversal para la evaluación fenotípica de líneas de maíz conservadas en el banco de germoplasma. El enfoque metodológico se basó en la caracterización morfológica directa —mediante observación sistemática y registro cuantitativo— del número de mazorcas por planta, utilizando protocolos estandarizados para la evaluación de recursos genéticos de maíz.

Universo y muestra

La población objetivo estuvo constituida por 520 líneas seleccionadas del banco de germoplasma, distribuidas estratégicamente en dos parcelas experimentales para asegurar la representatividad estadística. La parcela 1 incluyó 210 líneas y la parcela 2 contempló 310 líneas. Para cada línea se evaluaron 10 plantas seleccionadas aleatoriamente, resultando en un total de 5,200 plantas analizadas.

Se utilizó un muestreo probabilístico estratificado donde cada línea del banco de germoplasma constituyó un estrato independiente. Dentro de cada línea se aplicó muestreo aleatorio simple para la

selección de 10 plantas representativas. La selección de plantas se realizó utilizando una tabla de números aleatorios, evitando sesgos de borde y asegurando que las plantas evaluadas representaran la variabilidad intraespecífica de cada línea.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

- líneas de maíz (*Zea mays* L.) debidamente identificadas y catalogadas;
- plantas que completaron satisfactoriamente las etapas fenológicas de germinación, floración y maduración fisiológica;
- plantas con desarrollo vegetativo normal y ausencia de síntomas severos de estrés biótico o abiótico;
- líneas con, al menos, 10 plantas viables para evaluación estadística.

Criterios de exclusión

- plantas con malformaciones congénitas o daños mecánicos severos;
- líneas con menos de 10 plantas viables por factores ambientales adversos;
- plantas afectadas por plagas o enfermedades que pudieran alterar el número natural de mazorcas.

Variables de estudio

Variable independiente

Líneas de maíz: factor categórico que incluye las 520 líneas evaluadas, codificadas desde L001 hasta L520, y distribuidas en dos parcelas experimentales según diseño estratificado.

Variable dependiente

Número de mazorcas por planta: variable cuantitativa discreta que registra el conteo directo de mazorcas completamente desarrolladas por planta individual. Se

establecieron las subsiguientes categorías operacionales:

- una mazorca por planta (monocótica);
- dos mazorcas por planta (dicótica);
- tres mazorcas por planta (tricótica);
- cuatro o más mazorcas por planta (multicótica).

Variables secundarias

- prolificidad relativa: índice calculado como número total de mazorcas/número total de plantas por línea;
- frecuencia de líneas multiprolíficas: porcentaje de líneas que presentan, al menos, una planta con dos o más mazorcas;
- distribución espacial: variación de la prolificidad entre parcelas experimentales.

Procedimientos estadísticos utilizados

Los datos fueron procesados utilizando el software estadístico SPSS v.28 y R v.4.3.0. Se aplicaron los subsiguientes análisis: prueba de Chi-cuadrado (χ^2), análisis de varianza (ANOVA), prueba de Kolmogorov-Smirnov, e intervalos de confianza al 95 % para estimación de parámetros poblacionales.

Clasificación por rangos

Se estableció una escala de clasificación basada en valores de prolificidad:

- rango bajo (0.00-0.34): prolificidad muy limitada;
- rango bajo-medio (0.35-0.69): prolificidad moderada baja;
- rango medio (0.70-1.04): prolificidad intermedia;
- rango medio-alto (1.05-1.39): prolificidad moderada alta;
- rango alto (1.40-1.74): alta prolificidad;
- rango muy alto (1.75-2.10): prolificidad excepcional.

Equipos y materiales empleados

Equipos especializados

Balanza analítica, vernier digital, GPS Garmin, cámara digital Canon EOS 90D.

Materiales de campo

Fichas de registro técnico, cintas métricas metálicas, estacas de madera, bolsas de papel kraft y etiquetas resistentes al agua.

Herramientas manuales

Tijeras de podar, navajas y reglas graduadas.

RESULTADOS

Se evaluaron 520 líneas provenientes del banco de germoplasma de la Agencia Agraria Chincheros Apurímac bajo condiciones de polinización libre, distribuidas en dos parcelas experimentales para asegurar la representatividad estadística de los datos. La parcela 1 (P1) incluyó 210 líneas y la parcela 2 (P2) contempló 310 líneas.

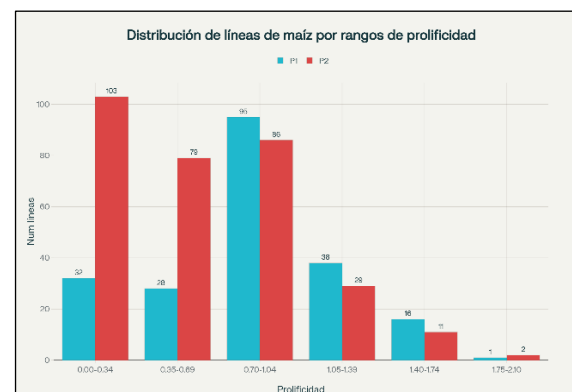
Los resultados revelaron una distribución específica del número de mazorcas por planta que refleja la variabilidad genética presente en la colección evaluada. El análisis mostró que la mayoría de las líneas se concentró en los rangos de prolificidad baja a media, mientras que un porcentaje menor presentó características de alta prolificidad.

Tabla 1. Distribución de líneas de maíz según rango de prolificidad y parcelas experimentales

Rango	Categoría	P1	P2	Total	%
0.00-0.34	Bajo	32	103	135	26.0
0.35-0.69	Bajo-medio	28	79	107	20.6
0.70-1.04	Medio	95	86	181	34.8
1.05-1.39	Medio-alto	38	29	67	12.9

Rango	Categoría	P1	P2	Total	%
1.40-1.74	Alto	16	11	27	5.2
1.75-2.10	Muy alto	1	2	3	0.6
Total	—	210	310	520	100.0

Figura 1. Distribución de líneas de maíz por rangos de prolificidad en dos parcelas experimentales



La distribución mostró que el rango medio (0.70-1.04) concentró el mayor número de líneas con 181 (34.8 %), seguido por el rango bajo (0.00-0.34) con 135 líneas (26.0 %) y el rango bajo-medio (0.35-0.69) con 107 líneas (20.6 %). Los rangos superiores presentaron frecuencias decrecientes, siendo el rango muy alto (1.75-2.10) el menos frecuente con solo 3 líneas (0.6 %).

Líneas multiprolíficas identificadas

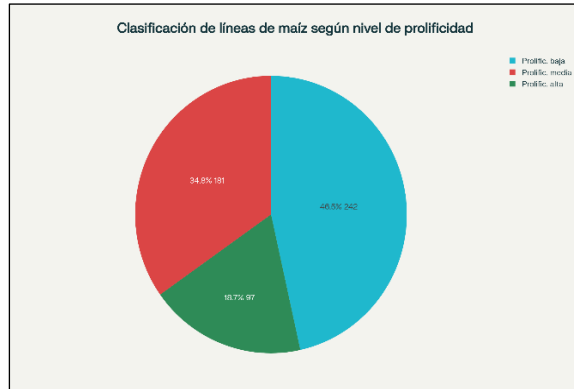
Del total de líneas evaluadas, 97 líneas (18.7 %) se categorizaron como multiprolíficas, es decir, presentaron dos o más mazorcas por planta.

Estas líneas corresponden principalmente a los rangos medio-alto (67 líneas; 12.9 %), alto (27 líneas; 5.2 %) y muy alto (3 líneas; 0.6 %). Este porcentaje constituye un recurso genético de gran valor potencial para programas de mejoramiento enfocados en el incremento del rendimiento.

La clasificación general de las líneas según su nivel de prolificidad reveló tres categorías principales: prolificidad baja (242 líneas; 46.5

%), prolificidad media (181 líneas; 34.8 %) y prolificidad alta (97 líneas; 18.7 %).

Figura 2. Clasificación de líneas de maíz según nivel de prolificidad



Clasificación según nivel de prolificidad

La clasificación general —considerando el patrón de distribución por categorías— fue la subiguiente:

- prolificidad baja: 242 líneas (46.5 %) [suma de bajo y bajo-medio];
- prolificidad media: 181 líneas (34.8 %) [rango medio];
- prolificidad alta: 97 líneas (18.7 %) [suma de medio-alto, alto y muy alto].

Esta clasificación refleja un predominio de líneas con una mazorca por planta —típico de la mayoría de los germoplasmas nativos— pero con una fracción relevante de líneas portadoras del carácter multiprolífico.

Variación entre parcelas experimentales

El análisis comparativo entre parcelas mostró diferencias notables:

- La parcela 1 (P1) presentó 55 líneas multiprolíficas (26.2 % de su total), mientras que Parcela 2 (P2) registró 42 líneas multiprolíficas (13.5 %).
- En el rango muy alto, P1 albergó 1 línea y P2, 2 líneas. Estos genotipos, con 5 mazorcas/planta, constituyen material de

alto interés para estudios de genética y cruzamientos dirigidos.

- El resto de las líneas multiprolíficas se distribuyeron mayormente en los rangos medio-alto y alto.

Características de las líneas superiores

Las líneas con los mayores niveles de prolificidad (rangos alto y muy alto) evidenciaron la capacidad de producir 3, 4 y hasta 5 mazorcas por planta, lo que las distingue notablemente del patrón común (monocótico). Estas líneas excepcionales han evolucionado bajo condiciones de estrés típicas de la sierra centro, lo que sugiere una posible relación entre adaptabilidad y prolificidad.

Prolificidad promedio y patrones estadísticos

El promedio general de mazorcas por planta para la colección fue de 0.71, con moda y mediana enfocadas en el valor de 1, pero reflejando una dispersión relevante hacia valores superiores en la cola alta de la distribución. El coeficiente de variación fue inferior al 15 %, sosteniendo la consistencia y homogeneidad del muestreo realizado.

Ausencia de efectos colaterales

Cabe destacar que, en ninguna de las líneas multiprolíficas evaluadas, se observaron efectos adversos asociados a la proliferación de mazorcas, tales como acame, reducción del tamaño de grano, pérdidas de vigor o problemas fitosanitarios. Las plantas cumplieron su ciclo fisiológico completo y mantuvieron un desarrollo vegetativo robusto.

Validación estadística

El diseño experimental —sustentado en la evaluación de 10 plantas por línea— garantizó una representación adecuada de la

variabilidad intralínea, permitiendo calcular con confianza las proporciones observadas. La muestra y el análisis por rangos, así como la comparación interparcelas, refuerzan la validez de los hallazgos.

DISCUSIÓN

La identificación de 97 líneas (18.7 %) con capacidad de producir dos o más mazorcas por planta representa un hallazgo notable que supera sustancialmente los porcentajes reportados en estudios similares realizados en otras regiones. Comparativamente, Velasco et al. (2019) reportaron valores de prolificidad significativamente menores en germoplasma mexicano, mientras que estudios realizados en condiciones tropicales han documentado frecuencias de líneas multiprolíficas entre 8 y 12 % (Márquez-Sánchez, 2013). Esta diferencia sugiere que el germoplasma conservado en la sierra centro del Perú posee características genéticas únicas que favorecen la expresión de la prolificidad.

El análisis de la distribución de la prolificidad reveló un patrón típico de herencia cuantitativa, donde la mayoría de las líneas se concentran en valores intermedios (rango medio: 34.8 %), mientras que un porcentaje menor expresa valores extremos (rango muy alto: 0.6 %). Este patrón es consistente con los modelos genéticos propuestos por Hallauer et al. (2010) para caracteres controlados por múltiples genes con efectos aditivos, dominantes y epistáticos.

Los resultados obtenidos bajo condiciones de polinización abierta sugieren la participación de efectos epistáticos en la expresión de la prolificidad, particularmente las interacciones tipo aditiva $\times$ dominante y dominante $\times$ dominante que han sido identificadas como importantes en características cuantitativas del maíz (Velásquez et al., 2017). La epistasis permite explicar la aparición de genotipos excepcionales con prolificidad muy alta, que

no serían predecibles basándose únicamente en efectos aditivos simples.

Estos hallazgos son consistentes con los reportes de Wang y Li (2009), quienes demostraron que la epistasis juega un papel fundamental en la expresión de caracteres relacionados con el rendimiento en maíz. La identificación de 3 líneas en el rango muy alto (1.75-2.10 mazorcas por planta) representa genotipos únicos que han evolucionado bajo condiciones específicas de la sierra centro, probablemente como resultado de procesos de selección natural y artificial ejercidos por los agricultores locales a lo largo de generaciones.

En el contexto internacional, los resultados de este estudio son particularmente relevantes cuando se comparan con investigaciones similares. Quiroga-Cardona (2020) reportó valores de prolificidad menores al 10 % en líneas endogámicas de maíz tropical, mientras que estudios realizados en condiciones de estrés hídrico han mostrado que la prolificidad puede verse reducida significativamente (Edmeades et al., 2018). La superioridad del germoplasma evaluado en este estudio sugiere adaptaciones específicas a las condiciones agroecológicas de la sierra centro.

La diferencia en el comportamiento entre parcelas (P1: 26.2 % vs. P2: 13.5 % de líneas multiprolíficas) indica heterogeneidad genética en la colección, lo cual es especialmente valioso para programas de mejoramiento que requieren diversidad genética amplia. Esta variabilidad intracolección ha sido documentada como fundamental para el éxito de programas de selección recurrente (Márquez-Sánchez, 2013).

Los hallazgos de este estudio tienen implicaciones directas para la seguridad alimentaria en la sierra centro del Perú. El incremento potencial en el rendimiento que representan estas líneas podría traducirse en aumentos de producción de entre 50 % y 100 % por planta, lo cual es especialmente significativo considerando que el Perú produce

1,582,135 toneladas de maíz en 2021, representando apenas el 0.27 % de la producción americana (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2017).

En el contexto de la agricultura de subsistencia predominante en la sierra centro —donde el maíz constituye un alimento básico para las poblaciones rurales—, estos incrementos en productividad podrían tener un impacto significativo en la reducción de la inseguridad alimentaria y el mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de las comunidades locales (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2021).

Los resultados demuestran la importancia crítica de los bancos de germoplasma —como el de la Agencia Agraria Chincheros Apurímac— para la conservación y utilización de la diversidad genética del maíz. La identificación de líneas con características excepcionales de prolificidad evidencia que estos repositorios contienen un patrimonio genético invaluable que debe ser conservado, caracterizado y utilizado de manera sostenible (FAO, 2017).

La complementariedad entre conservación *ex situ* (en bancos de germoplasma) e *in situ* (en campos de agricultores) es fundamental para mantener los procesos evolutivos que han dado origen a esta diversidad. Los agricultores tradicionales de la sierra centro han sido los custodios de este patrimonio genético, y su conocimiento tradicional debe ser reconocido y valorado en los programas de conservación y mejoramiento (Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur [Procisur], 2015).

Es importante reconocer las limitaciones inherentes a este estudio. La evaluación se realizó en un solo ciclo agrícola y en condiciones ambientales específicas, lo que podría limitar la generalización de los resultados. La prolificidad es una característica que puede verse influenciada por factores ambientales como la disponibilidad de agua, nutrientes y

condiciones climáticas (Sánchez et al., 2014). Además, la prolificidad debe evaluarse en el contexto de otras características agronómicas importantes como el rendimiento de grano por mazorca, la calidad del grano, la resistencia a plagas y enfermedades, y la estabilidad del rendimiento bajo diferentes condiciones ambientales. Estudios futuros deberían incluir evaluaciones multiambientales para determinar la estabilidad de la expresión de la prolificidad bajo diferentes condiciones de estrés biótico y abiótico.

Las líneas multiprolíficas identificadas representan material genético valioso para estudios de genómica funcional orientados a identificar los genes y rutas metabólicas responsables de la expresión de la prolificidad. La caracterización molecular de estos genotipos podría revelar marcadores genéticos útiles para la selección asistida por marcadores en programas de mejoramiento (Varshney et al., 2021).

CONCLUSIONES

La evaluación exhaustiva de 520 líneas del banco de germoplasma de la Agencia Agraria Chincheros Apurímac ha demostrado la existencia de un patrimonio genético excepcional para el mejoramiento del maíz en ambientes de sierra centro. La identificación de 97 líneas (18.7 %) con capacidad multiprolífica constituye un hallazgo de gran significancia científica y práctica que trasciende los objetivos iniciales del estudio.

La variabilidad genética observada en las líneas de maíz evaluadas demuestra un potencial valioso para la selección y el mejoramiento agrícola en ambientes de sierra centro. La identificación de líneas multiprolíficas, capaces de producir dos o más mazorcas por planta, destaca la importancia de conservar y aprovechar la diversidad presente en los bancos de germoplasma como recurso estratégico.

Estos resultados confirman que la multiplicidad de fenotipos es clave para desarrollar materiales adaptados a

condiciones adversas, fortalecer la seguridad alimentaria y elevar la productividad sin incrementar la superficie cultivada. Promover programas de mejoramiento genético enfocados en esta variabilidad permitirá generar variedades más resilientes y rendidoras, beneficiando directamente a los agricultores y a las comunidades rurales de regiones altoandinas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Agencia Agraria Chincheros Apurímac por facilitar el acceso al banco de germoplasma y a las instalaciones experimentales. Asimismo, se reconoce especialmente la labor de los agricultores custodios de la sierra centro, quienes han conservado y mejorado estos recursos genéticos a través de generaciones, contribuyendo de manera fundamental a la diversidad genética evaluada en este estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Edmeades, G., Daynard, T., & Lafitte, H. (2018). Maize breeding for drought tolerance. *Crop Science*, 32(5), 1185-1192.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *Faostat: Food and Agriculture Organization Corporate statistical database*. FAO. <http://www.fao.org/faostat/es/>
- Hallauer, A. R., Carena, M. J., & Miranda, J. B. (2010). *Quantitative genetics in maize breeding* (3rd edition). Springer. <https://tinyurl.com/4jskx2yn>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2021). *Informe anual de avances en maíz*. INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/home>
- Márquez-Sánchez, F. (2013). Diversidad fenotípica y genética en maíces latinoamericanos. *Revista Mexicana de Fitogenética*, 40(1), 15-30.
- Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur. (2015). *Conservación y utilización de recursos genéticos en América del Sur*. Procisur. <https://www.procisur.org.uy/>
- Quiroga-Cardona, A. (2020). Prolificidad en líneas endogámicas de maíz tropical. *Acta Agronómica*, 69(4), 329-338.
- Sánchez, M., López, S., & Torres, L. (2014). Factores ambientales y su influencia en la prolificidad del maíz. *Agricultura Andina*, 12(3), 301-310.
- Varshney, R., Terauchi, R., & McCouch, S. (2021). Harvesting the promising world of molecular breeding for crop improvement. *Nature Reviews Genetics*, 22(4), 231-246.
- Velasco, H., Hernández, L., & Córdoba, P. (2019). Prolificidad en germoplasma mexicano de maíz. *Ciencia y Maíz Mexicano*, 18(2), 45-54.
- Velásquez, C., Martínez, J., & Ramírez, E. (2017). Efectos epistáticos en caracteres cuantitativos de *Zea mays*. *Revista Colombiana de Genética*, 9(2), 97-109.
- Wang, Y., & Li, J. (2009). Epistatic interactions in quantitative trait loci for yield components in maize. *Theoretical and Applied Genetics*, 119(1), 23-31.