

ESPECTRO DE VARIABILIDAD GENÉTICA DEL GERMOPLASMA NATIVO DE MAÍZ (*ZEAMAYS L.*) DE LA ZONA ALTOANDINA DEL SUR DEL PERÚ

SPECTRUM OF GENETIC VARIABILITY OF THE NATIVE MAIZE (ZEAMAYS L.) GERMPLASM FROM THE HIGHLAND ANDES OF SOUTHERN PERU

René Chávez¹, Walter Schmidt², Karla Martínez³, Joel Flores¹, Héctor Tamayo³, Mery Aduviri³, Gabriela Gutiérrez³, Viviana Yufra³, Óscar Segovia³, Avelino García⁴

RESUMEN

Un amplio espectro de variabilidad genética ha sido detectado entre las variedades nativas de las zonas altoandinas del sur del Perú. Este valioso germoplasma ha sido adaptado por cientos de años por los agricultores locales a climas y suelos de la sierra en altitudes que fluctúan entre 3000 y 3800 m.s.n.m. Consecuentemente constituye una gran fuente de genes para tolerancia a bajas temperaturas los cuales pueden ser utilizados en programas de mejoramiento genético y producción masal de semillas de calidad.

A pesar de la producción comercial en gran escala exitosamente establecida en los Andes con pocas variedades, todo el germoplasma nativo de maíz es muy tardío, con un largo periodo vegetativo que fluctúa entre 8 y 10 meses para su cosecha de mazorcas secas. Debido a la escasez de agua disponible para riego en las zonas áridas y semiáridas altoandinas del sur del Perú, el cultivo de maíz se ha realizado por mucho tiempo con riego restringido, por lo cual se asume la ocurrencia de genes de tolerancia al estrés hídrico en este germoplasma. Los resultados preliminares de los estudios tanto de campo como de laboratorio muestran una significativa variación continua y discontinua entre las 24 variedades nativas estudiadas basada en caracteres morfológicos y fisiológicos, cuyos resultados se reportan en esta publicación.

Palabras clave: Variedades nativas de maíz, *Zeamays L.*, tolerancia al frío, variabilidad genética.

ABSTRACT

A wide spectrum of genetic variability has been found among the native maize varieties from the highland Andes of southern Peru. This valuable maize germplasm has been adapted by local farmers for hundreds of years to the climate of the highlands and high altitudes which range from 3,000 to 3,800 masl. Consequently they have the greatest potential for breeding advanced lines of genes that have a tolerance to the cold. These can be used in genetic advanced programs for successful seed production.

Although commercial production on a large scale has been successfully established in the highlands with some native varieties, all of the native maize germplasm harvest very late and have a long growing period. Usually the drying tassels are ready to harvest after eight to ten months from sowing. Because of the water sources available for irrigation in the arid and semiarid highlands of southern Peru, for a long time current agricultural practices of maize have been traditionally managed with restricted irrigation. As a consequence the occurrence of drought tolerant genes among these local maize races is assumed. The preliminary results of this investigation conducted under field and laboratory conditions show a significant continuous and discontinuous variation among the 24 maize races evaluated, based on morphologic and physiologic characters which are reported in this publication.

Key words: Native maize varieties, *Zeamays L.*, cold tolerance, genetic variability.

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú, E.mail: rchavez@unjbg.edu.pe.

² KWS SAAT AG Breeding Seed International Company, Einbeck, Alemania, Email: w.schmidt@kws.de.

³ Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú, E mail: Kpaolas17@hotmail.com

⁴ Facultad de Agronomía, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile, Email: a.garcia@uta.cl.

INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L., es una especie cultivada originaria de América típicamente alógama, C4 y diploide ($2n = 2x = 20$), tiene un amplio rango de adaptación ecológica latitudinal y altitudinal así como a diversos agroecosistemas favorables y no favorables. Cerca de 140 millones de hectáreas de maíz son cultivados cada año en el mundo, con una producción total de 480 millones de toneladas métricas. De esta área total el 60% es cultivado en los países del tercer mundo y aproximadamente un 20% en América Latina. En los países andinos con mayor diversidad genética, como Perú, Bolivia y Ecuador; más del 50% de la producción total de maíz proviene de variedades nativas, y el resto, de variedades mejoradas, híbridos superiores e híbridos sintéticos, no habiéndose reportado a la fecha la explotación de variedades transgénicas.

El maíz es un buen ejemplo de una especie cultivada cuyo germoplasma indígena ha sido bien colectado, descrito y preservado en una base consistente por cerca de 40 años. En muchas partes del hemisferio norte sur el maíz es una especie cultivada de gran importancia económica. En algunos casos el germoplasma nativo de maíz ha sufrido una erosión genética debido a que ha sido reemplazado por híbridos y variedades mejoradas. Sin embargo, muchas de las variedades originales han sido la fuente inagotable de genes útiles en el mejoramiento de las variedades modernas y comerciales. Desde el punto de vista de la conservación de los recursos genéticos, afortunadamente muchas variedades indígenas o nativas ha sido salvadas antes de su extinción y todavía están disponibles en los bancos nacionales e internacionales de germoplasma especialmente en el Centro Internacional de Investigación y Mejoramiento del Maíz y Trigo, CIMMYT, México. El maíz es el tercer cereal más importante del mundo después del trigo y el arroz, generalmente se cultiva en las zonas tropicales, subtropicales y templadas. La zona altoandina de la sierra y de manera especial los valles interandinos del Perú constituyen uno de los centros genéticos que posee mayor diversidad de tipos y razas de maíz en el mundo. Se han clasificado más de 40 razas que involucran aproximadamente 2.000 colecciones obtenidas en el Perú. (Manrique *et al.*, 1985)

En general, en la zona altoandina de la Sud América el cultivo del maíz se realiza en ambientes menos favorables de clima y suelo. El mejoramiento

y conservación de las variedades nativas son llevados a cabo por los mismos agricultores locales. Durante la cosecha los agricultores seleccionan las mejores mazorcas, ya sea en el campo o en el almacén, provenientes de plantas individuales de alta performance agronómica de acuerdo a su propio y especial criterio, tales como rendimiento de grano, libre de enfermedades fungosas, altura de la planta, color del grano, rendimiento forrajero y tamaño de mazorca. Las mazorcas son seleccionadas, secadas y almacenadas en la finca para la próxima campaña agrícola. A veces los agricultores locales intercambian semillas promisorias. En este sentido, bajo el cuidado y manejo del agricultor este germoplasma nativo ha sido conservado y explotado por cientos de años para satisfacer las necesidades de consumo y alimentación del poblador altoandino. Sin embargo, en los valles interandinos de cultivo tradicional de maíz, poco esfuerzo se hace para controlar la polinización cruzada entre dos o más variedades o razas locales; como consecuencia se presenta una mezcla de variedades nativas, las cuales presentan un rendimiento promedio de 1,5 t/ha.

En esta publicación se enfocan los resultados de la evaluación de las respuestas fenotípicas de 24 variedades nativas de maíz colectadas en la zona agroecológica altoandina del sur del Perú, entre los 2.800 y 3.400 m.s.n.m., junto con tres híbridos superiores de maíz (testigos) bajo condiciones de baja temperatura a 3.300 m.s.n.m. Esperamos que estos resultados preliminares catalicen, de alguna manera, investigaciones más profundas del gran caudal y potencial genético de este valioso germoplasma nativo de maíz, sobre todo en los campos de la caracterización fenotípica, conservación genética, calidad para procesamiento industrial y utilización masal y comercial, sobre todo en bien de la gran mayoría de agricultores altoandinos de bajos ingresos económicos.

RESPUESTAS FENOTÍPICAS DE LAS PLANTAS DE MAÍZ AL ESTRÉS DE FRÍO

Las bajas temperaturas reinantes en la zona agroecológica andina afecta el cultivo del maíz en los períodos de germinación, crecimiento y reproducción, aunque la magnitud del daño depende de la zona y del sistema de siembra utilizado. Los efectos o reacciones fenotípicas en las plantas de maíz a las bajas temperaturas se manifiestan tanto

sobre las funciones enzimáticas como sobre las propiedades de las membranas y se ponen en evidencia por la reducción de la intensidad fotosintética, del crecimiento de la biomasa aérea, de la extensión de las hojas y por la absorción del agua y los nutrientes. Asimismo, la baja temperatura afecta significativamente en la tasa de crecimiento y periodo vegetativo de la planta. (Paliwal, 2002, Chávez R., 2002). Aunque la planta de maíz no sufra daño, la prolongación de su ciclo de vida causada por las bajas temperaturas tiene mucha importancia agronómica y económica, el costo de cultivo aumenta, así como el riesgo de que su rendimiento disminuya debido a ataques de agentes patógenos, plagas insectiles y heladas tempranas. Además de estos efectos generales, no necesariamente letales, el frío excesivo puede ocasionar daños directos cuya intensidad provoque la muerte de algunos órganos o de toda la planta. (Cruz *et al.*, 2003).

Una de las estrategias de tolerancia es la denominada aclimatación al frío, que implica cambios morfológicos, anatómicos, fisiológicos y bioquímicos. Así, por ejemplo, los daños producidos por el frío a las membranas celulares se reducen con el aumento de los lípidos insaturados (esto es, con átomos de carbono unidos por doble ligadura) que las constituyen, porque disminuye la temperatura a la cual las membranas pasan de la fase líquida a la sólida. Otra respuesta es el reemplazo de enzimas que se inactivan con el frío por formas de las mismas enzimas que mantienen su actividad, como las responsables de la fijación del dióxido de carbono en la fotosíntesis. En general, luego de atravesar un período de temperaturas moderadamente bajas, las plantas adquieren tolerancia, o se aclimatan, a ulteriores descensos de la temperatura. Algunos vegetales acumulan sustancias solubles en agua que evitan la formación de hielo intracelular porque disminuyen la temperatura de congelamiento del agua; la más común es la sacarosa (el azúcar de caña habitualmente utilizado en la alimentación humana). Además, la mayor cantidad de sustancias disueltas impide la deshidratación excesiva de la célula en el caso de que se forme hielo en el espacio intercelular.

En general, podríamos decir que las respuestas fenotípicas de las plantas de maíz frente a los estreses abióticos climáticos y edáficos son fruto de la acción de los genes de adaptación, los genes de rendimiento per se y la acción del medio ambiente sobre la planta. La resistencia genética de las plantas de maíz a los ambientes extremos o ambientes

no favorables, supuestamente, puede tener relación con la trayectoria evolutiva y del largo proceso de domesticación que dio lugar al desarrollo de las numerosas razas nativas de los Andes Sud Americanos. (Chávez, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético nativo de la presente investigación ha consistido en 24 variedades nativas de maíz recolectadas en el Sur de Perú y tres híbridos superiores: dos híbridos superiores y precoces proporcionados por la KWS Ltda., Alemania, y una variedad mejorada proporcionada por el INIA, Huancayo, Perú (Tabla 1).

UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó en la Provincia de Tarata, departamento de Tacna, campo experimental de CIRCA y en el laboratorio de Biotecnología e invernaderos de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú. La zona agroecológica semiárida altoandina de estudio está situada sobre una colina de terreno ondulado, entre el altiplano pequeño y el desierto del Pacífico, cerca de la frontera con la República de Bolivia a 89 kilómetros de la ciudad de Tacna y a 3.300 m.s.n.m. bajo un sistema agrícola tradicional local de andenerías tipo Inca. El campo experimental está situado sobre terrenos ondulantes y quebradas con un clima seco y frío bajo una temperatura media de 10 °C. La época lluviosa, conocida generalmente como “Verano Serrano”, se produce de diciembre a marzo con una precipitación pluvial anual de 200 mm.

METODOLOGÍA

En el campo de experimentación de CIRCA-Tarata se sembraron 24 variedades nativas colectadas en el Sur de Perú y además se sembraron dos híbridos superiores y precoces de verano, proporcionados por la KWS, utilizados como testigos negativos, una variedad genéticamente mejorada para zonas altoandinas por el INIA-Perú, que fue utilizado como testigo positivo. El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

Tabla 1
Germoplasma de maíz investigado, su origen y utilización principal

Nº	Código Exper.	Nombre de la Variedad	Origen	Altitud (m.s.n.m.)	Utilización Principal
01	MCT01	Blanco De Tarata	Tacna	3.000	Grano, cancha
02	MCT02	Puco Cenizo	Tacna	3.300	Cancha
03	MCT03	Amarillo De Tarata	Tacna	3.150	Grano, chicha
04	MCT04	Cenizo Grande	Tacna	3.100	Cancha
05	MCT05	Cenizo Oscuro Grande	Tacna	3.200	Cancha
06	MCT06	Cavanaconde Rojo	Arequipa	2.900	Grano
07	MCT07	Cavanaconde Amarillo	Arequipa	2.950	Grano
08	MCT09	Cavanaconde Blanco	Arequipa	2.950	Grano
09	MCT13	Carumeño Rojo	Moquegua	3.100	Grano
10	MCT14	Pessorunto	Cuzco	2.850	Choclo, cancha
11	MCT15	Carumeño Rosado	Moquegua	3.000	Grano
12	MCT16	Puco Morado	Tacna	2.900	Chicha
13	MCT17	Cenizo Gigante	Tacna	3.050	Cancha
14	MCT18	Blanco Urubamba	Cuzco	2.700	Choclo, mote
15	MCT24	Chullpi	Tacna	3.000	Cancha
16	MCT25	Cenizo Redondo	Tacna	3.350	Choclo, cancha
17	MCT26	Cenizo - Pisala	Tacna	3.400	Cancha
18	MCT27	Cenizo - B	Tacna	3.300	Cancha
19	MCT28	Cenizo - C	Tacna	3.250	Cancha
20	MCT29	Amarillo Gigante	Tacna	3.030	Grano, choclo
21	MCT30	Cenizo - D	Tacna	3.050	Cancha
22	MCT31	Sacsá All Cuzco	Cuzco	3.100	Grano, mote
23	MCT32	Quello Del Cuzco - A	Cuzco	3.000	Grano, mote
24	MCT33	Quello Del Cuzco - B	Cuzco	3.000	Choclo, chicha
25	MCT34	Inia 606 Choclero	Huancayo	3.100	Choclo
26	MCT35	Gavott	Einbeck, De.	250	Grano, proces.
27	MCT35	Kx 2132	Einbeck, De.	250	Grano, proces.

1. PREPARACIÓN DEL TERRENO EXPERIMENTAL

Se procedió a arar el terreno con caballos en cada andén con el fin de incorporar el estiércol, controlar las malezas, controlar algunos insectos del suelo, etc. Posteriormente se pasó la rastra para nivelar el terreno y proceder al trazado de surcos. El trazado del campo experimental consistió en marcar los bloques y calles utilizando una cinta métrica y cal. Para la fertilización se usó Urea, Nitrato de Amonio y fosfato de amonio 200(N)-120(P)-130(K). El riego realizado fue por gravedad con un distanciamiento de riego cada 21 días (riego restringido)

Se sembró en terreno húmedo unas 3-4 semillas por golpe, la siembra se realizó a una profundidad aproximada de 5 cm y por cada línea un solo hí-

brido y/o variedad, teniendo en cuenta la distancia de 30 cm entre plantas, la distancia de 90 cm entre surcos y aproximadamente dos metros de distancia entre bloques.

2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental empleado fue el diseño de bloques completamente aleatorios con 27 tratamientos y tres repeticiones, una repetición por cada andén. Figura 1. Para el análisis estadístico se utilizó la técnica del análisis de varianza y se empleó la prueba de F de 0,05 y 0,01 de probabilidad. Para realizar las comparaciones múltiples de medias entre las variedades en estudio se realizó la prueba de Tukey. Para el análisis de los datos no paramétricos se realizó la prueba de Friedman.

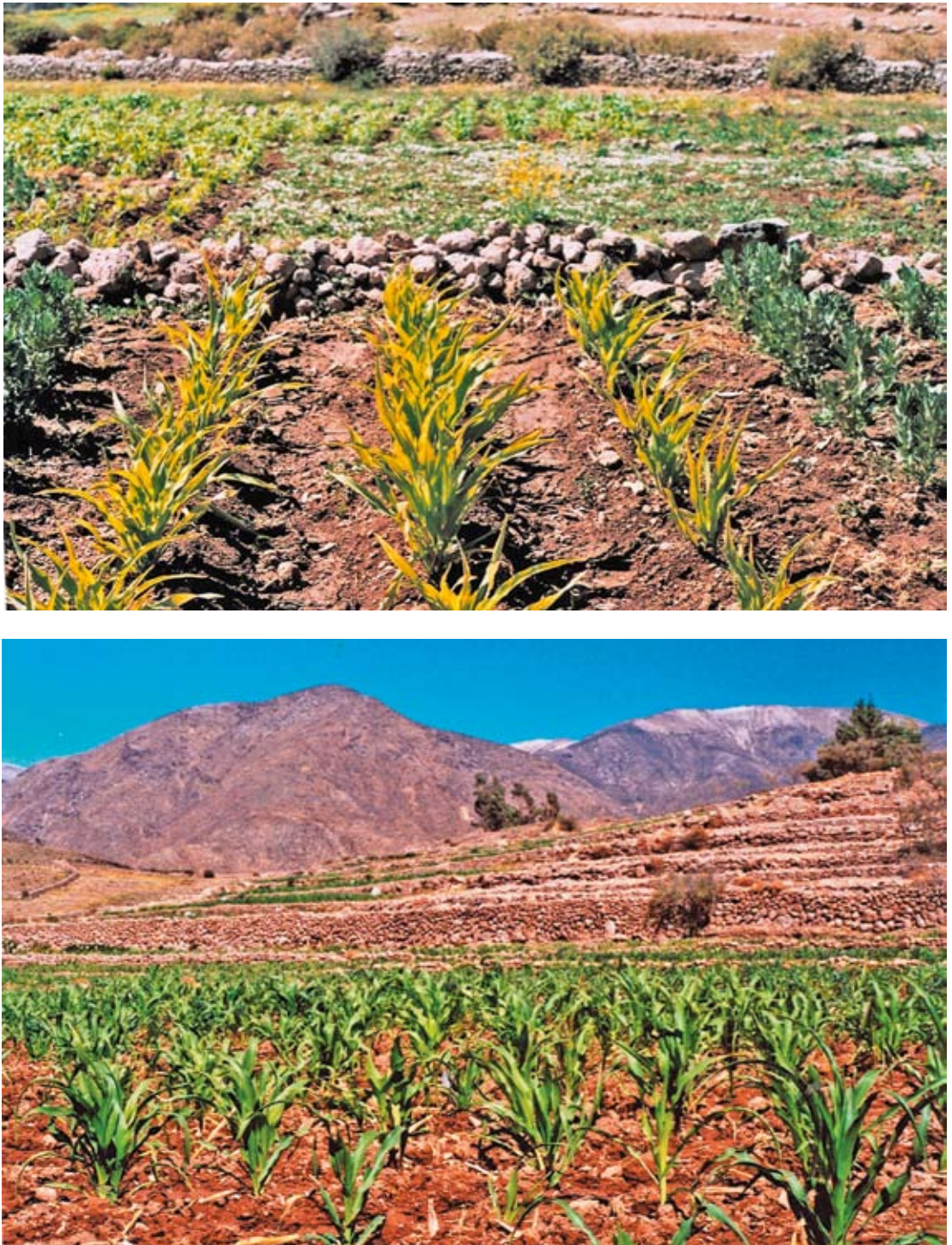


Figura 1. Vista panorámica parcial del campo experimental de Circa, Tarata, 3.300 m.s.n.m., mostrando plantas vigorosas de la variedad nativa cenizo grande (abajo) y plantas cloróticas de la variedad mejorada GAVOTT (arriba).

RESULTADOS

1. RESPUESTAS FENOTÍPICAS DE LAS PLANTAS DE MAÍZ

El análisis de los resultados de la evaluación de campo nos muestra una consistente estabilidad en el número de choclos o mazorcas por planta entre las 24 variedades nativas evaluadas. Asimismo, no se encuentran diferencias significativas en la época de formación y desarrollo de la inflorescencia masculina, con excepciones de los dos híbridos superiores que florecieron cerca de un mes antes que las variedades nativas.

a. Grado de formación y maduración del choclo

Este carácter se evaluó a los cinco meses después de la siembra y se detectó una variación continua en el grado de formación y maduración del choclo en las 24 variedades nativas, fluctuando entre 2,3 (muy tardío) como en la variedad SACSA

DEL CUZCO y 6.3 (tardío) como en la variedad CAVANA CONDE ROJO, que superó al testigo maíz mejorado INIA-CHOCLERO (5.0), pero no a los híbridos superiores que mostraron una maduración temprana con un promedio de 7,7 de grado de maduración. Tabla 2.

b. Altura promedio de la planta

Se presenta un rango de variabilidad continua de altura o tamaño que fluctúa entre 5,0 (mediano) y 9,0 (alto), que alcanzan las plantas de maíz a los seis meses de periodo vegetativo entre las variedades nativas de maíz. Las variedades nativas del Cuzco como SACSA, QUELLO DEL CUZCO mostraron una mayor altura de la planta. La variedad mejorada INIA-CHOCLERO mostró plantas de altura moderada al igual que muchas plantas de las variedades nativas. El híbrido superior GAVOTT y KX 2132 mostraron plantas del tamaño mediano y pequeño (5,0 - 3,7). Tabla 2 y Figura 2.

Tabla 2

Respuestas fenotípicas de las plantas de maíz frente al estrés de bajas temperaturas.

Sec.	N° de Accesión	Código Exper.	Variedad	A	B	C	D	E
1	T01	MCT01	Blanco de Tarata	5,7	7,0	8,3	8,3	8,3
2	T02	MCT02	Puco Cenizo	3,7	7,0	7,0	7,0	8,3
3	T03	MCT03	Amarillo de Tarata	3,0	7,0	8,3	7,0	8,3
4	T04	MCT04	Cenizo Grande	3,7	7,0	7,0	7,0	9,0
5	T05	MCT05	Cenizo Oscuro Grande	4,3	7,0	7,6	7,6	8,3
6	T06	MCT06	Cavanaconde Rojo	6,3	5,7	7,0	5,6	9,0
7	T07	MCT07	Cavanaconde Amarillo	7,0	5,7	6,3	6,3	9,0
8	T09	MCT09	Cavanaconde Blanco	3,7	5,0	7,6	5,0	9,0
9	T13	MCT13	Carumeño Rojo	5,7	7,0	7,6	7,0	9,0
10	T14	MCT14	Pessorunto	3,7	6,3	7,0	6,3	8,3
11	T15	MCT15	Carumeño Rosado	4,3	7,0	7,6	7,0	9,0
12	T16	MCT16	Puco Morado	2,3	7,0	7,0	7,0	9,0
13	T17	MCT17	Cenizo Gigante	4,3	6,3	7,0	6,3	9,0
14	T18	MCT18	Blanco Urubamba	3,7	7,0	7,6	9,0	8,3
15	T24	MCT24	Chullpi	3,7	7,7	7,6	7,6	7,0
16	T25	MCT25	Cenizo Redondo	3,0	7,0	7,6	7,6	9,0
17	T26	MCT26	Cenizo - A	4,3	7,0	7,0	7,0	9,0
18	T27	MCT27	Cenizo - B	4,3	7,0	7,0	7,0	9,0
19	T28	MCT28	Cenizo - C	3,7	7,0	7,0	7,0	9,0
20	T29	MCT29	Amarillo Gigante	3,0	8,3	9,0	8,3	7,0
21	T30	MCT30	Cenizo	3,7	7,0	7,6	7,6	9,0
22	T31	MCT31	Sacsa del Cuzco	2,3	9,0	8,3	8,3	7,0
23	T32	MCT32	Quello del Cuzco - A	3,0	9,0	8,3	8,3	7,0
24	T33	MCT33	Quello del Cuzco - B	3,7	7,7	7,0	7,6	8,3
25	T34	MCT34	Choclero. R	5,0	7,0	7,6	7,0	8,3
26	T26-A	MCT35	Gavott	7,7	5,0	6,3	5,0	9,0
27	T27-A	MCT35	Kx 2132	7,7	3,7	5,0	4,3	9,0

A : Grado de formación y maduración del choclo a los cinco meses de PV.
 B : Altura promedio de la planta a los seis meses de PV.
 C : Grado del vigor del follaje a los seis meses de PV.
 D : Producción de biomasa aérea a los seis meses de PV.
 E : Grado de senescencia a los nueve meses de PV.



Figura 2. Variabilidad fenotípica en altura de la planta y producción de biomasa aérea verde entre dos variedades nativas de maíz (Cabanaconde Blanco y Amarillo gigante)

c. Vigor del follaje

Independientemente de la altura de la planta y producción de biomasa aérea, se evaluó el grado de vigor de cada tratamiento en sus tres repeticiones, cuyos resultados nos mostraron en general un alto grado de vigor del follaje en las 24 variedades nativas fluctuando, incluyendo la variedad mejorada de CHOCLERO (7,6), entre 7,0 y 9,0 con excepción de la variedad CAVANACONDE AMARILLO (6,3). Sin embargo, todas las plantas del híbrido KX 2132 mostraron un grado de vigor moderado a bajo. Tabla 2.

d. Producción de biomasa aérea

Carácter evaluado a los seis meses del periodo vegetativo de extrema importancia para su explotación futura como forraje o ensilaje. A pesar de las condiciones de temperatura baja, cinco variedades nativas mostraron un alto grado (8,3 - 9,0) de producción de biomasa verde, como Blanco de Tarata (8,3), Amarillo Gigante (9,0), Sacsa del Cuzco (8,3) y los cuales superaron al maíz mejorado Choclero (7,0) y a los híbridos superiores (5,0-4,3), según se muestra en la Tabla 2.

e. Senescencia de la planta.

Casi todas las plantas de las variedades experimentales mostraron un alto grado de senescencia a los nueve meses del periodo vegetativo (8.3-9.0), con excepción de tres variedades nativas cuyas plantas todavía mostraban hojas ligeramente verde-amarillentas, como Amarillo gigante, Sacsa del Cuzco y Quello del Cuzco - A (7.0). Tabla 2 y Figura 3.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS MAZORCAS

Se tomaron al azar un total de 12 mazorcas bien secas de cada tratamiento o variedad para encontrar la longitud, el diámetro y el número de hileras de grano por mazorcas, según se muestra en la Tabla 3; los resultados muestran una variación continua poco significativa entre las variedades nativas en la longitud de la mazorca (8,65 - 13,4 cm), así como en el diámetro de la mazorca (3,06 - 7,10 cm) y en el número de hileras de granos por mazorca (8.5-17.8). Las variedades con mayor número de hileras fueron Chullpi (17.8) y Cenizo - A (17.4). Figura 4.



Figura 3. Diferencias entre dos variedades de maíz nativo en el grado de senescencia a los nueve meses del período vegetativo.

Tabla 3
Características de las mazorcas secas

N°	N° de Accesión	Código Exper,	Variedad	Longitud X cm	Diámetro X cm	N° de Hileras de Granos/mazorca X
1	T01	MCT01	Blanco De Tarata	10,7	4,3	13,7
2	T02	MCT02	Puco Cenizo	8,65	4,3	12,5
3	T03	MCT03	Amarillo De Tarata	11,9	7,1	11,7
4	T04	MCT04	Cenizo Grande	11,2	5,1	13,1
5	T05	MCT05	Cenizo Oscuro Grande	10,2	4,8	14,7
6	T06	MCT06	Cavanaconde Rojo	10,2	4,8	15,5
7	T07	MCT07	Canavaconde Amarillo	10,9	4,7	15,6
8	T09	MCT09	Canavaconde Blanco	9,6	5,5	16,7
9	T13	MCT13	Carumeño Rojo	12,4	5,6	15,1
10	T14	MCT14	Pessorunto	12,8	6,1	12,6
11	T15	MCT15	Carumeño Rosado	9,4	5,2	16,6
12	T16	MCT16	Puco Morado	10,4	3,06	11,1
13	T17	MCT17	Cenizo Gigante	10,8	5,1	15,2
14	T18	MCT18	Blanco Urumbamba	10,7	4,6	10,0
15	T24	MCT24	Chullpi	11,6	4,8	17,8
16	T25	MCT25	Cenizo Redondo	9,9	5,1	15,6
17	T26	MCT26	Cenizo (A)	10,4	4,8	17,4
18	T27	MCT27	Cenizo (B)	12,1	6,0	15,6
19	T28	MCT28	Cenizo (C)	12,06	6,5	15,6
20	T29	MCT29	Amarillo Gigante	12,06	5,1	9,1
21	T30	MCT30	Cenizo (D)	9,2	4,0	16,5
22	T31	MCT31	Sacsa del Cuzco	12,3	5,0	8,5
23	T32	MCT32	Quello del Cuzco - A	13,4	4,8	9,5
24	T33	MCT33	Quello del Cuzco - B	11,4	5,6	8,9
25	T34 ó 606	MCT34	Inia 606 Choclero	13,9	4,8	11,5
26	T26-A	MCT35	Gavott	13,2	3,4	13,3
27	T27-A	MCT35	Kv 2132	12,8	3,2	12,3

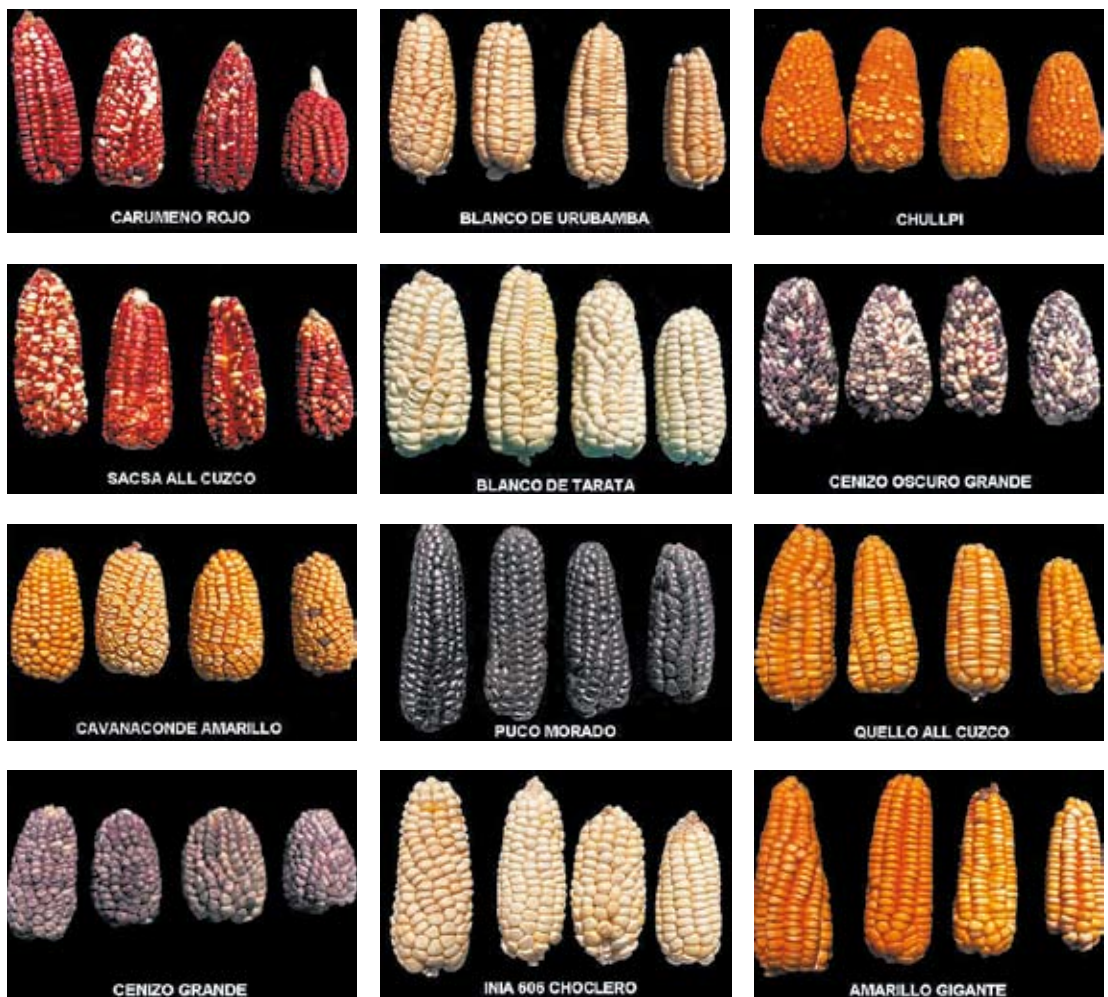


Figura 4. Variabilidad fenotípica en la forma, color y tamaño de las mazorcas en diez variedades nativas de maíz.

3. RENDIMIENTO Y PESO PROMEDIO DE LAS MAZORCAS

Un total de 12 mazorcas secas tomadas al azar de cada variedad (cuatro por cada repetición) fueron pesadas, encontrándose una fluctuación de peso de 1,6 - 3,4 K en las variedades nativas y siendo los de mayor rendimiento en peso las variedades CENIZO - C (3,4 K), Amarillo de Tarata (3,2 K) y CENIZO - B (3,2 K). Los híbridos superiores GAVOTT y KX 2132 mostraron muy bajo rendimiento (0,6 K). Tabla 4.

4. VARIABILIDAD EN EL PESO DE LOS GRANOS

Una significativa variación en el peso fue encontrado en el de 1.000 semillas tomadas al azar

de cada variedad. Una fluctuación de 350 - 800 gramos x 1.000 semillas fue encontrada entre las variedades nativas, siendo las variedades Amarillo gigante (800 g), Sacsá del Cuzco (750 g), Quello del Cuzco - A (750 g), Quello del Cuzco - B (750 g), los que mostraron el mayor rendimiento en peso por 1.000 semillas o granos. La variedad mejorada CHOCLERO mostró un peso de 650 g/1.000 semillas en comparación del rendimiento bajo de los híbridos superiores (300 g/1.000 semillas). Tabla 4.

5. VARIABILIDAD EN EL COLOR DEL GRANO Y DE LA PLANTA

Durante las pruebas de viabilidad de las semillas cosechadas bajo condiciones de laboratorio no se encontró diferencias

Tabla 4
Variación en el peso promedio de mazorcas secas

Orden de Mérito	Variiedad	Peso (Kilos)	Significación: Tukey $\alpha=0.5$
1	Cenizo - C	3,4	a
2	Amarillo De Tarata	3,2	ab
3	Cenizo - B	3,2	ab
4	Cenizo - D	3,17	abc
5	Cenizo Redondo	3,1	abcd
6	Puco Cenizo	3,1	abcd
7	Blanco De Tarata	3,01	abcde
8	Cenizo Grande	3,01	abcde
9	Cenizo Oscuro Grande	2,8	abcdef
10	Quello Del Cuzco	2,73	abcdef
11	Corumeño Rosado	2,63	abcdef
12	Cenizo Gigante	2,47	abcdef
13	Quello Del Cuzco	2,43	abcdef
14	Inia 606 Choclero	2,4	abcdef
15	Sacsa Del Cuzco	2,4	abcdef
16	Cenizo (A)	2,33	abcdef
17	Corumeño Rojo	2,2	abcdef
18	Cavanaconde Blanco	2,13	abcdef
19	Amarillo Gigante	2,06	abcdefg
20	Chullpi	1,93	abcdefgh
21	Cavanaconde Amarillo	1,87	bcdefgh
22	Pessorunto	1,73	cdefgh
23	Blanco Urubamba	1,67	defgh
24	Cavanaconde Rojo	1,63	efgh
25	Puco Morado	1,6	fgh
26	Gavott	0,63	gh
27	Kx 2132	0,6	h

significativas en el porcentaje de germinación ni en la elongación de las raíces. Sin embargo se observa variabilidad intervarietal en la pigmentación del cotiledón (verde, verde-violáceo y violáceo). Tabla 6 y Figura 6. Asimismo, se encuentran diferencias intervarietales en la presencia y ausencia de los pigmentos del tallo evaluado a los cinco meses de periodo vegetativo (verde, verde-morado y morado oscuro).

El color principal y el color secundario del grano, así como el color del marlo una vez desgranada la mazorca fue un carácter distintivo de cada variedad nativa, además del grado de

pureza varietal. El color del grano varía desde morado oscuro hasta blanco puro. Menor variación intervarietal fue encontrada en el color del marlo, predominando el color blanco tal como se observó en la Tabla 6 y Figura 5.

DISCUSIÓN

El germoplasma nativo de maíz altoandino presenta un rango significativo de variabilidad genética tanto en caracteres cualitativos como en caracteres cuantitativos que los distinguen a ellos en la gran mayoría de los casos. Sin

Tabla 5
Variabilidad continua en el peso de los granos de muestras tomadas al azar

Nº	Nº de Accesión	Código exper.	Variedad	1.000 semillas g	100 semillas g	3 semillas g
1	T01	MCT01	Blanco de Tarata	700	58,6932	0,7224
2	T02	MCT02	Puco Cenizo	600	49,4154	0,5005
3	T03	MCT03	Amarillo de Tarata	650	71,1823	0,7258
4	T04	MCT04	Cenizo Grande	550	51,5125	0,6072
5	T05	MCT05	Cenizo Oscuro Grande	500	51,3881	0,5492
6	T06	MCT06	Cavanaconde Rojo	500	46,6809	0,5284
7	T07	MCT07	Cavanaconde Amarillo	550	53,713	0,3996
8	T09	MCT09	Cavanaconde Blanco	500	48,3437	0,4543
9	T13	MCT13	Carumeño Rojo	500	0,8415	0,4883
10	T14	MCT14	Pessorunto	600	0,7962	0,6156
11	T15	MCT15	Carumeño Rosado	550	53,0572	0,5707
12	T16	MCT16	Puco Morado	350	35,1299	0,4316
13	T17	MCT17	Cenizo Gigante	600	56,8639	0,7070
14	T18	MCT18	Blanco Urubamba	750	80,3945	1,0075
15	T24	MCT24	Chullpi	450	43,2627	0,5842
16	T25	MCT25	Cenizo Redondo	550	53,6267	0,5900
17	T26	MCT26	Cenizo	550	52,2777	0,5486
18	T27	MCT27	Cenizo	500	56,0026	0,4931
19	T28	MCT28	Cenizo	550	61,7236	0,5361
20	T29	MCT29	Amarillo Gigante	800	96,6393	0,6579
21	T30	MCT30	Cenizo	600	53,099	0,6122
22	T31	MCT31	Sacsa del Cuzco	750	80,4132	1,0543
23	T32	MCT32	Quello del Cuzco - A	750	69,9056	0,8788
24	T33	MCT33	Quello del Cuzco - B	750	93,1283	0,7901
25	T34	MCT34	Choclero. R	650	65,1629	0,7093
26	T26-A	MCT35	Gavott	300	65,1629	0,3150
27	T27-A	MCT35	Kx 2132	300	24,6788	0,2649

embargo, casi todas las variedades nativas estudiadas parecen tener tres atributos o características muy importantes:

- Genes de resistencia a bajas temperaturas.
- Genes de tolerancia al estrés hídrico moderado
- Genes de largo periodo vegetativo

Algunas variedades parecen tener un gran potencial en la producción de biomasa verde aérea para la explotación forrajera para el ganado. En este sentido, la aplicación de los métodos de mejoramiento genético convencional y selección masal podría contribuir a la reducción del periodo vegetativo de las variedades nativas de maíz, sin la alteración de su naturaleza genética ni de sus atributos agronómicos y alimenticios. Esto no sólo acrecentará el periodo de cosecha del maíz sino reducirá enormemente los riesgos de heladas

tempranos y tardíos que inesperadamente se presentan en el ecosistema altoandino.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su profundo agradecimiento al Ing. Agr. Oswaldo Ale, profesor de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UNJBG por su gran apoyo y colaboración en el establecimiento y conducción de los experimentos de maíz en el Fundo CIRCA de Tarata, Tacna.

Este trabajo de investigación ha sido posible gracias al entusiasmo científico y voluntario de los investigadores involucrados en esta publicación, de la Universidad Nacional de Tacna, Perú; del apoyo y participación de la compañía privada internacional de investigación agrícola KWS Limitada, Einbeck, Alemania.

Tabla 6
Variabilidad en el color de la planta y el grano

N° de accesión	Cod. Exper.	Variedad	Pigmentación del cotiledón	Color princ. del grano	Color secund. del grano	Color del marlo	Pigmentación del tallo
T01	MCT01	Blanco de tarata	Verde	Blanco		Blanco	Morado
T02	MCT02	Puco cenizo	Verde	Morado	Crema	Blanco	Verde-morado
T03	MCT03	Amarillo de tarata	Verde	Amarillo	-	Amarillo	Morado-oscuro
T04	MCT04	Cenizo grande	Violáceo	Morado	Jaspeado	Blanco	Verde-morado
T05	MCT05	Cenizo oscuro grande	Violáceo	Morado	Jaspeado	Crema claro	Morado-oscuro
T06	MCT06	Cavanaconde rojo	Verde	Rojo	Naranja	Rojo	Morado-oscuro
T07	MCT07	Cavanaconde amarillo	Verde	Amarillo	Jaspeado	Blanco	Morado-oscuro
T09	MCT09	Cavanoconde blanco	Verde	Blanco	Jaspeado	Blanco	Morado-oscuro
T13	MCT13	Carumeño rojo	Violáceo	Rojo	Blanco	Rojo	Verde-morado
T14	MCT14	Pessorunto	Verde	Morado	Jaspeado	Naranja	Morado
T15	MCT15	Carumeño rosado	Violáceo	Rosado	Plomo	Rosado	Morado
T16	MCT16	Puco morado	Verde	Morado	-	Morado	Verde
T17	MCT17	Cenizo gigante	Verde-violáceo	Morado	Jaspeado	Blanco	Verde
T18	MCT18	Blanco urubamba	Verde	Blanco	-	Blanco	Morado
T24	MCT24	Chullpi	Verde	Amarillo	-	Blanco	Morado
T25	MCT25	Cenizo redondo	Verde-violáceo	Morado	Jaspeado	Blanco	Verde-morado
T26	MCT26	Cenizo - a	Verde-violáceo	Morado	Jaspeado	Blanco	Verde
T27	MCT27	Cenizo - b	Verde	Morado	Crema	Blanco	Verde
T28	MCT28	Cenizo - c	Verde	Morado	Crema	Blanco	Verde
T29	MCT29	Amarillo gigante	Verde	Amarillo	-	Marrón	Morado
T30	MCT30	Cenizo (d)	Verde-violáceo	Crema	Jaspeado	Blanco	Verde
T31	MCT31	Sacsá del cuzco	Verde	Naranja	Crema	Naranja	Morado-oscuro
T32	MCT32	Quello del cuzco	Verde-violáceo	Amarillo	-	Naranja	Morado
T33	MCT33	Quello del cuzco	Violáceo	Amarillo	-	Naranja	Morado
T34 ó 606	MCT34	Inia 606 choclero	Verde	Crema	-	Blanco	Morado
T26-A	MCT35	Gavott	Verde	Amarillo	-	Marrón	Verde
T27-A	MCT35	KX 2132	Verde	Amarillo	Naranja	Marrón	Verde

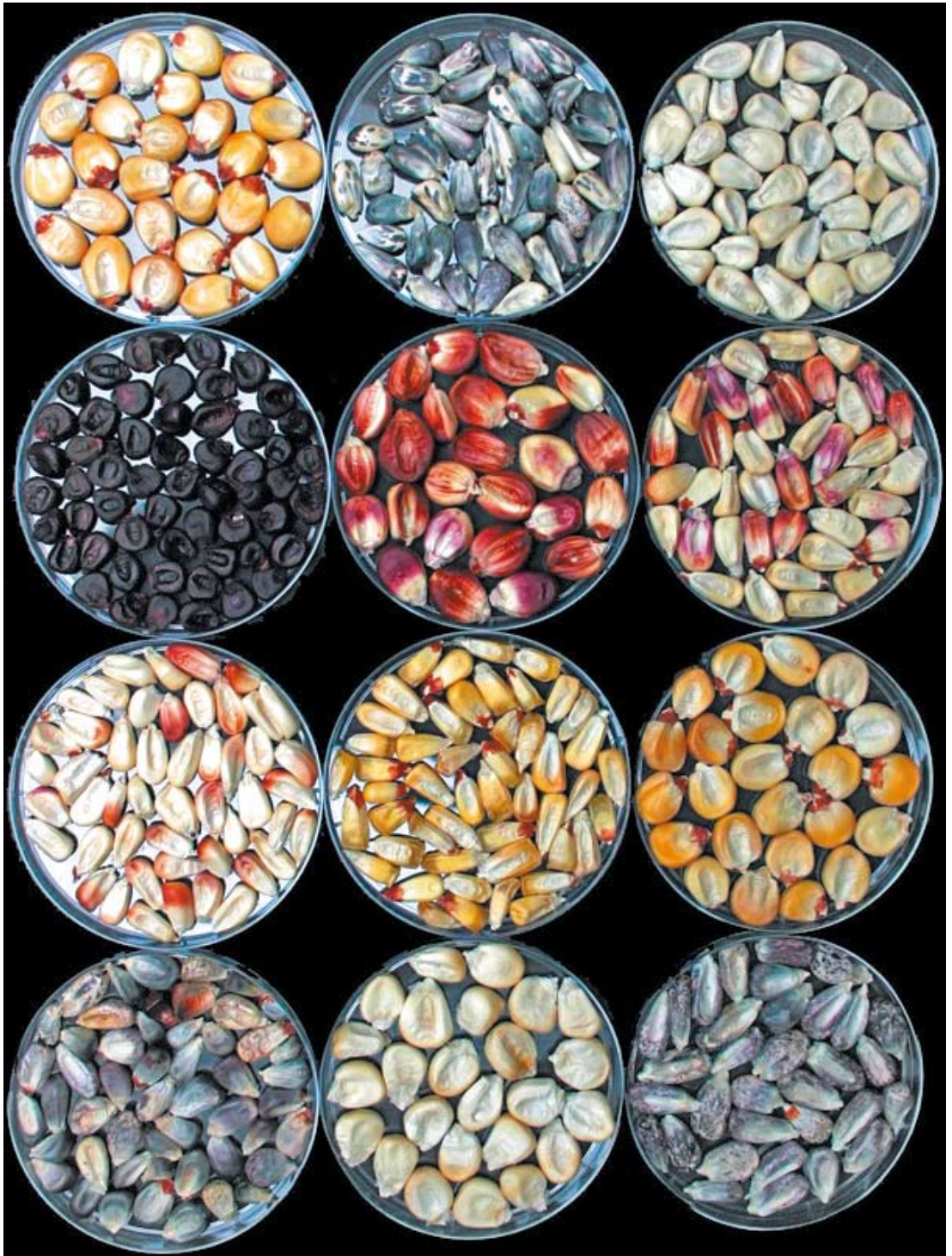


Figura 5. Diversidad de forma, color y tamaño de grano de seis variedades nativas de maíz.



Figura 6. Diferencias en la presencia (Quello all Cuzco) y ausencia (Cenizo B) de Antocianina en los cotiledones durante la germinación *in vitro* de dos variedades nativas.

LITERATURA CITADA

- CHÁVEZ, R. (2002).** Mejoramiento genético de las plantas tuberíferas para zonas árido-salinas. Editorial Art. Graphics, Tacna-Perú.
- CRUZ, M.; PULVER, E.; JENNINGS, P.; TORRES, E.; BERRÍO, L. E. DA CRUZ, R. P. Y ROSSO, A. (2003).** Mejoramiento para tolerancia a frío en arroz irrigado para la zona subtropical de Sud América.

- In: 3ª Conferencia Internacional de arroz de Clima Templado. Uruguay.
- MANRIQUE, A; FEGAN, W; SÁNCHEZ (1985).** Manual del maíz para la cosecha, Proyecto TTA, Lima-Perú.
- PALIWALL.; GRANADOS G.; LAFITTE H.; Y VIOCH A. (2001).** El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Roma.