

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y QUÍMICAS DE 3 CULTIVARES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN AREQUIPA - PERÚ

Fredy Quispe Jacobo^{1*}, Karim Arroyo Condorena¹, Arilmí Gorriti Gutiérrez²

RESUMEN

Las características morfológicas y químicas de los cultivares TC, PM 581 y TJ de maíz morado, cultivados en el distrito de La Joya-Arequipa, se evaluaron en la investigación. Los resultados indican diferencias altamente significativas en $p < 0,01$ para altura de planta a los 8, 15, 30, 60, 90, 120 y 150 días después de siembra; diferencias significativas en $p < 0,05$ para peso de planta en la cosecha y los caracteres morfológicos: diámetro de mazorca, diámetro de coronta y peso de coronta. El análisis de antocianinas y fenoles totales de las corontas muestra diferencias significativas en $p < 0,05$, sobresaliendo PM 581; la actividad antioxidante en los tiempos 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos indica diferencias altamente significativas en $p < 0,01$ entre los extractos de las corontas y las soluciones estándar de ácido gálico y ácido ascórbico. El análisis proximal de los granos se encontró dentro de los valores reportados en la literatura.

Palabras clave: Maíz morado, cultivo, PM 581, antocianinas, fenoles, actividad antioxidante

MORPHOLOGICAL AND CHEMISTRY CHARACTERISTICS FROM THREE CULTIVARS OF PURPLE CORN (*Zea mays* L.) IN AREQUIPA - PERÚ

ABSTRACT

The morphology and chemistry of the TC, PM 581 y TJ cultivars of purple corn cultivated in the district of La Joya in Arequipa - Perú was evaluated in the investigation. The results indicate highly significant differences at $p < 0,01$ for the plant height at the 8, 15, 30, 60, 90, 120 and 150 days after sowing, and significant differences at $p < 0,05$ for weight of plant and the morphological characters such as ear diameter, cob diameter and cob weight at the harvest. The anthocyanins analysis and total phenolic compounds from the cobs show significant differences at $p < 0,05$, where PM 581 stood out; the antioxidant activity at the times 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutes, indicates highly significant differences at $p < 0,01$ between the extracts from the cobs and standard solutions of gallic acid and ascorbic acid. Proximal analysis of the grains revealed values reported in the literature.

Key words: Purple corn, crop, PM 581, anthocyanins, phenolic compounds, antioxidant activity

* Corresponding author
E-mail address: agronegocios.peruagro@gmail.com

¹ Unidad de I-D+I Empresa AGRONEgocios PERUAGRO S.R.L.

² Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

INTRODUCCIÓN

En el mundo existen diversas clases de maíz que se caracterizan por presentar varios colores como: blanco, amarillo, rojo, morado, marrón, verde y azul.^{1,2} El maíz morado de la variedad *Zea mays* L. tiene su origen en países de Latinoamérica como México, Bolivia y Perú, y fue introducido en numerosos países por los pigmentos que posee.^{1,3} En el Perú los estudios en maíz morado revelaron la presencia de la raza ancestral primitiva Kulli y la raza incipiente Morado Canteño, así como variedades derivadas de las razas. Su cultivo se realiza principalmente en los departamentos de Cajamarca, Ayacucho, Ancash, Lima y Arequipa con semillas obtenidas de diversas procedencias: mercado central de la Parada en Lima, mercados locales, tiendas de la localidad, semillas obtenidas de Asociaciones de productores de semillas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) o del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA).^{2,4}

Estudios realizados en el maíz morado indican la presencia de antocianinas. Las antocianinas, por los colores atractivos naranja, rojo, morado y azul que presentan, tienen un alto potencial para su uso como colorantes naturales.^{5,6,7,8} El color y estabilidad de estos pigmentos antocianínicos depende de varios factores, entre los que se encuentran: estructura y concentración del pigmento, pH, temperatura, calidad e intensidad de la luz a los que son sometidos, presencia de copigmentos, iones metálicos, enzimas, oxígeno, ácidos orgánicos con propiedades oxidantes y reductoras, azúcares, productos de degradación, y dióxido de azufre, entre otros.^{8,9} En medio acuoso cuatro estructuras de antocianinas pueden encontrarse en equilibrio: el catión flavilium, una base quinoidal, una pseudo base carbinol y una chalcona; y la relativa cantidad de estas estructuras en equilibrio varía con el pH y la estructura de la antocianina.^{9,14} De acuerdo a la estructura molecular, algunas antocianinas son más estables que otras; por ejemplo, los glicósidos de malvidina que se encuentran entre los principales pigmentos en la uva presentan los colores más estables debido a la metoxilación de la molécula en dos lugares de su estructura¹⁰. La acilación con ácidos orgánicos aromáticos hidroxilados también confiere una alta estabilidad a la estructura de las antocianinas, así como la copigmentación intermolecular^{6,8}; así, en medio acuoso, extractos de frutas, hortalizas y cereales que presentan antocianinas, contienen también mezclas de otros compuestos con los que se unen copigmentos, vía procesos de asociación intermolecular; sin embargo, no todos los compuestos confieren estabilidad de las antocianinas: los azúcares y sus productos de degradación, por ejemplo, tienden a acelerar la descomposición de las antocianinas y ésta se asocia con la velocidad con que el azúcar se descompone en compuestos del tipo furfural, desde una reacción de Maillard¹¹.

En la naturaleza, las antocianinas exhiben, a nivel de sistemas vegetales, una elevada estabilidad, que necesita caracterizarse a nivel de composición química y atributos de estabilidad. En ese sentido, el Perú ofrece una gran diversidad de germoplasmas de naturaleza vegetal con enorme potencial para ser fuente de colorantes y alimentos funcionales en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética; el maíz morado es uno de ellos que se utiliza como alimento y colorante desde tiempos ancestrales, y que se caracteriza por presentar antocianinas del tipo cianidina-3-glucósido, pelargonidina-3-glucósido, y peonidina-3-glucósido a nivel de coronta con bajos contenidos de sólidos solubles^{3,5}, lo que facilita su uso a nivel industrial; en ese sentido, la investigación se realiza con el objetivo de conocer las características morfológicas y químicas de 3 cultivares comerciales de maíz morado en el distrito de La Joya de la Región Arequipa.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiales y reactivos

Semillas de maíz morado (*Z. mays* L.) de los cultivares TJ (Testigo Joya), TC (Testigo Canta) y de la variedad PM 581 de la Asociación de productores de semillas de maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM, se utilizaron para su cultivo, entre los meses de mayo a noviembre del 2008. Urea con 45-46% de nitrógeno y productos fitosanitarios todos de marca nacional se utilizaron durante el cultivo. Todos los reactivos y solventes utilizados en laboratorio fueron de grado analítico Sigma Aldrich Chemical Co. y Merck.

Campo experimental

Para la investigación se utilizó el terreno de un campo experimental ubicado en el distrito de La Joya de la provincia y departamento de Arequipa, Perú, localizado en latitud sur 16°25'27.34 y longitud oeste 71°48'43.90 sobre los 1644 msnm. El suelo es de textura franco arenosa, con bajos contenidos de materia orgánica y nitrógeno, elevadas cantidades de fósforo disponible y valores normales de potasio y carbonato de calcio, tabla 1.

Tabla 1. Características fisicoquímicas del suelo del campo experimental en el distrito de La Joya en Arequipa

Análisis físico							
Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	Porosidad (%)	CC (%)	AD (%)	PMP (%)
86,8	7,6	5,6	Arena Franca	37	8,5	6,2	2,3
Análisis químico							
Elemento	Unidad	Valor	Deficiente	Bajo	Normal	Alto	Excesivo
MO	%	1,78	██████████				
N: C/N	%	0,09	██████████				
P	ppm	40,19	██████████				
K	ppm	174,99	██████████				
CaCO ₃	%	2,03	██████████				
			No salino	Débilmente salino	Moderado salino	Salino	Muy salino
CE ext. 1:2.5	dS/m	0,73	██████████				
			Acido	Moderado	Neutro	Moderado alcalino	Alcalino
pH ext. 1:2.5	Unidades	7,04	██████████				
Sales solubles en pasta saturada (meq/100 g de suelo)							
Calcio (Ca ²⁺)	Magnesio (Mg ²⁺)	Sodio (Na ⁺)	Potasio (K ⁺)	Sulfato (SO ₄ ²⁻)	Cloruro (Cl ⁻)	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	Carbonato (CO ₃ ²⁻)
0,757	0,354	0,388	0,034	0,041	0,548	0,146	0,000

CC: Capacidad de campo, AD: Agua disponible, PMP: Punto de marchites permanente, MO: Materia orgánica, CE y pH ext. 1:2,5: Representan conductividad eléctrica y pH en razón de extracción suelo: agua destilada. Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos, aguas y semillas EE Arequipa - INIA.

Para fines del experimento, el campo experimental se dividió en 3 bloques, según un diseño completo al azar, donde se cultivaron la variedad PM 581 de la Asociación de productores de semilla de maíz de la UNALM, semillas testigo de la zona etiquetados como TJ (Testigo de La

Joya) y en otro bloque semillas del Testigo Canta (TC) obtenidas de un local comercial de la localidad de Arequipa; la densidad de plantas por tratamiento fue de 71428 plantas/ha y la fertilización en el experimento fue de 230 kg N/ha a los 45 dds (días después de siembra).

Métodos

Evaluaciones en planta: Se evaluaron 60 plantas al azar correspondientes a 3 surcos centrales (20 plantas/surco) donde se midió altura de planta (cm), peso de planta (g), peso de mazorca (g), peso de panca (g) al momento de la cosecha (170 dds); adicionalmente se realizaron evaluaciones de altura de planta (cm) a los 8, 15, 30, 60, 90, 120 y 150 dds, desde la base de la planta hasta la altura de inserción masculina (panoja)^{12,13}.

Evaluación morfológica de mazorca: En mazorcas cosechadas, escogidas al azar (sin espata), en un número representativo del lote de producción, se procedió a evaluar la longitud de mazorca desde la base hasta el último grano formado (cm), el diámetro medio de mazorca (cm), peso de mazorca (g), peso de coronta (g), peso de granos/mazorca (g) y número de granos/mazorca^{12,13}.

Evaluación proximal: Muestras representativas de los granos de maíz morado de los cultivares TC, PM 581 y TJ se evaluaron según humedad, cenizas, grasa cruda, proteínas, carbohidratos y energía total de acuerdo a metodologías validadas¹⁵.

Preparación del extracto y determinación de antocianinas según el método de pH diferencial: Alrededor de 1 g de muestra (coronta molida y tamizada de maíz morado) fueron extraídos con 200 mL de solución etanólica al 20% y pH 2, durante un tiempo de 60 minutos a la temperatura de 90 °C; los extractos obtenidos fueron filtrados a través de papel filtro (Whatman No.1) con la ayuda de una bomba de vacío (COPELAMETIC, USA), y una alícuota del extracto se diluyó convenientemente en una fiola de 25 mL con las soluciones buffer de cloruro de potasio (pH 1) y acetato de sodio (pH 4,5). En las soluciones preparadas se determinó el contenido de antocianinas según el método de pH diferencial, de acuerdo a Giusti & Wroslstad (2001) utilizando el espectrofotómetro UV-Vis (Spectroquant PHARO 300, Merck), y su contenido se expresó como cianidina-3-glucósido, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Total antocianinas (mg/L)} = A \times PM \times FD \times 1000/(\epsilon \times l) \quad (1)$$

Donde $A = (A_{510} - A_{700})$ pH 1,0 ($A_{510} - A_{700}$) pH 4,5; PM (peso molecular) = 449,2 g/mol para cianidina-3-glucósido; FD = factor de dilución; l = longitud de paso de celda en cm; $\epsilon = 26900$ coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glucósido; 1000 = factor de conversión de g a mg; todos los análisis fueron realizados por triplicado ($n = 3$)¹⁴.

Determinación de fenoles totales: La cantidad de fenoles totales se determinó según el método modificado de Folin-Ciocalteu usando ácido gálico como estándar; para esto se prepararon soluciones de 40, 80, 120, 160 y 200 ppm con las que se construyó la curva de calibración, dando un $r^2 = 0,9994$. El procedimiento para la evaluación de fenoles totales fue el siguiente: una alícuota de la muestra (0,7 mL) se mezcló con 7 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (10%) dejándose en reposo por 3 min; seguidamente se mezclaron con 7 mL de carbonato de sodio (7,5%) y la solución resultante se dejó en reposo por 2 horas a temperatura ambiente protegida de la luz; las absorbancias de las muestras fueron leídas a 760 nm en el espectrofotómetro UV-Vis. Todas las muestras fueron analizadas por triplicado, y los fenoles totales fueron expresados como equivalentes miligramos de ácido gálico (GAE) por g de muestra.¹⁶

Determinación de la actividad antioxidante según DPPH: El efecto antioxidante de las muestras sobre el radical estable 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) se evaluó de la

siguiente manera: 0,1 mL de la muestra se mezcla con 3,9 mL de la solución 0,35 mM del radical DPPH, se homogeniza y miden las absorbancias a 517 nm en los tiempos de 0, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos en el espectrofotómetro UV-Vis. Durante la reacción las soluciones se mantuvieron en la oscuridad a temperatura ambiente y la actividad antioxidante se reportó como porcentaje de inhibición de DPPH, de acuerdo a Rivero y Betancor (2006):

$$\text{Inhibición de DDPH (\%)} = [(A_0 - A_e) / A_0] \times 100 \quad (2)$$

Donde A_0 y A_e , representan respectivamente la absorbancia sin extracto del DPPH y absorbancia con extracto, evaluados después de 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos. Soluciones estándar de 100 ppm de ácido gálico y ascórbico se prepararon para comparar la actividad antioxidante.¹⁷

Análisis estadístico: Todos los resultados fueron analizados en el paquete estadístico SAS V7 (SAS Institute Inc.); los datos de planta durante el experimento y en cosecha, así como los datos morfológicos de mazorcas de maíz morado, antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante se evaluaron en un análisis de varianza y prueba de rangos múltiples de Duncan ($p < 0,05$), empleando el procedimiento GLM en un diseño completo al azar en el programa SAS. Los datos en (%) fueron convenientemente transformados a $\text{arcoseno} \sqrt{(\% / 100)}$ para el análisis de varianza y prueba de significancia de Duncan. La hipótesis aquí planteada indica que bajo las condiciones experimentales del distrito de La Joya, las semillas del TC, PM 581 y TJ expresan los mismos caracteres morfológicos, composición proximal, composición de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante^{18,19}.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

Los resultados promedios de altura de planta de los cultivares TC, PM 581 y TJ se presentan en la tabla 2, donde se observa diferencias altamente significativas con $p < 0,01$ a los 8, 15, 30, 60 y 120 dds mientras que a los 90 y 150 dds se observan diferencias significativas con $p < 0,05$. Los valores promedio de altura de planta indican que a los 8 dds los cultivares PM 581 y TJ presentaron los valores más altos con respecto al cultivar TC; a los 15 dds los cultivares TC y TJ presentaron los valores más altos, 19,733 cm y 20,700 cm, respectivamente; al respecto, Lazo¹³ en una investigación desarrollada sobre diferentes niveles de fósforo y potasio con las semillas PM 581 en el Cural-Arequipa, indica valores inferiores de altura de planta entre 12 y 13 cm para todos los experimentos; a los 30 dds los cultivares TC y TJ presentaron los valores más altos con 27,695 y 28,704 cm, respectivamente; en ese sentido, Lazo¹³ señala valores superiores de altura de planta entre 30 y 32 cm para todos los tratamientos; a los 60 dds el cultivar TC presentó el valor más alto (79,333 cm) con respecto a los cultivares PM 581 y TJ; en tal sentido, Lazo¹³ indica valores entre 66 y 72 cm inferiores al TC; a los 120 dds el cultivar PM 581 presentó la mayor altura de planta (173,333 cm) con respecto a los cultivares TC y TJ; Lazo¹³, para esta etapa, indica valores entre 226 y 241 cm; a los 150 dds el cultivar TC alcanzó los 183,950 cm con respecto a los otros cultivares; en ese sentido, la variedad PM 581 de la investigación realizada por Lazo¹³ en el Cural-Arequipa alcanzó valores superiores entre 233 y 250 cm para los tratamientos con diferentes niveles de fósforo y potasio; mientras tanto, Puma¹² en otra investigación realizada con semillas de la variedad Canteño en la Irrigación Majes-Arequipa con el factor niveles de materia orgánica, indica valores superiores de altura de planta (195 y 210 cm) para todos los tratamientos implementados. Los valores inferiores de altura de planta de los cultivares TC, PM 581 y TJ, con respecto a los encontrados por Lazo¹³ y Puma¹² para PM 581 y Canteño, respectivamente, se deben a varios factores, entre los que se encuentran: las altas temperaturas máximas mensuales alcanzadas en el distrito de La Joya entre 26,3 y 27,9 °C con tiempos prolongados de horas sol (9,9 y 10,8 horas) durante los meses

de producción (mayo y octubre, 2008), los que fueron superiores a los meses de verano y de años anteriores (SENAMHI, 2009)²⁰, que acompañado por bajos niveles de fertilización del campo experimental de textura franco arenosa con bajos niveles de nitrógeno (tabla 1), fertilización limitada durante el cultivo, y la limitada disponibilidad de agua de riego de baja calidad donde la evaporación mensual estuvo entre 4,4 y 7,0 mm para los meses de producción (SENAMHI, 2009)²⁰, no favorecieron el desarrollo óptimo de los cultivares en el distrito de La Joya, en Arequipa.

Tabla 2. Altura de planta de los cultivares de maíz morado en La Joya

Cultivar	Altura - días después de siembra (cm)						
	8**	15**	30**	60**	90*	120**	150*
TC	3,534 ± 1,118 b	19,733 ± 4,058 a	27,695 ± 4,956 a	79,333 ± 11,217 a	161,700 ± 23,596 a	168,017 ± 13,275 b	183,950 ± 20,707 a
PM 581	4,477 ± 1,144 a	16,117 ± 5,554 b	24,348 ± 3,831 b	72,100 ± 10,697 b	150,083 ± 17,529 b	173,333 ± 8,046 a	161,450 ± 23,228 b
TJ	4,824 ± 1,408 a	20,700 ± 6,204 a	28,704 ± 3,363 a	66,917 ± 9,210 c	153,383 ± 15,674 b	166,322 ± 7,617 b	169,350 ± 17,542 b

*, **: Indican significancia a $p < 0,05$ y $p < 0,01$. Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan significancia en la prueba de Duncan ($p < 0,05$) entre los diferentes cultivares, valores promedio de 60 repeticiones ± desviación estándar.

Planta en cosecha

Los cultivares TC, PM 581 y TJ se cosecharon a los 170 dds (noviembre 2008) cuando las plantas y mazorcas se encontraron parcialmente secas. Entre los caracteres morfológicos evaluados se encontraron: peso de planta, peso de choclo, peso de panca, peso de mazorca y rendimiento de mazorca (%). Los resultados indican que bajo las condiciones experimentales del distrito La Joya sólo se encontraron diferencias significativas con $p < 0,05$ para el carácter peso de planta; los otros caracteres de peso de choclo, peso de panca, peso de mazorca y rendimiento de mazorca no presentaron diferencias significativas al momento de la cosecha, tabla 3 y figura 1.

Tabla 3. Caracteres morfológicos de planta en cosecha de los cultivares de maíz morado en La Joya

Cultivar	Pesos de planta en cosecha (g)				
	Planta*	Choclo	Panca	Mazorca	Mazorca (%)
TC	628 ± 208 a	256 ± 119 ns	136 ± 52 ns	120 ± 104 ns	41,90 ± 23,34 ns
PM 581	500 ± 215 b	232 ± 100 ns	146 ± 68 ns	86 ± 56 ns	35,17 ± 17,77 ns
TJ	692 ± 159 a	268 ± 88 ns	142 ± 52 ns	126 ± 52 ns	46,64 ± 8,41 ns

*, ns: Indican significancia a $p < 0,05$ y no *significante*. Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan significancia en la prueba de Duncan ($p < 0,05$), valores promedio de 20 repeticiones ± desviación estándar.

Lazo¹³, en la investigación desarrollada con PM 581 y diferentes niveles de fósforo y potasio en el Cural-Arequipa, menciona valores superiores de peso de planta al momento de la cosecha entre 830 y 1010g, con respecto al peso de mazorca Puma¹² en la investigación con el cultivar Canteño, en la irrigación Majes, menciona valores entre 77,89 y 97,52g similares al encontrado en la investigación para las mazorcas del cultivar PM 581 e inferiores a los encontrados para las mazorcas TC y TJ; por otro lado, Lazo¹³ en el cultivar PM 581 en el Cural encontró valores entre 114,67 y 159,67g superiores a los encontrados en la investigación para las mazorcas de PM 581.

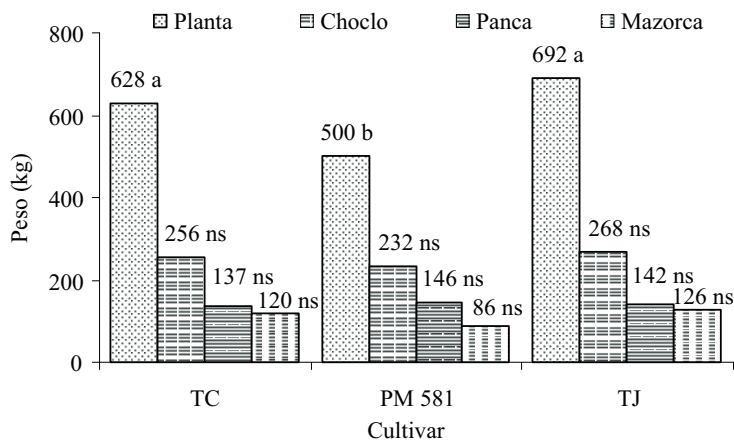


Figura 1. Caracteres morfológicos de los cultivares TC, PM 581 y TJ en la cosecha. Valores con diferentes letras dentro de cada grupo de caracteres: peso de planta (■), peso de choclo (▣), peso de panca (▤) y peso de mazorca (▥) denotan, diferencias significativas en la prueba de Duncan ($p < 0,05$). Valores promedio de 20 repeticiones \pm desviación estándar.

Morfología de la mazorca

Las mazorcas, convenientemente seleccionadas y secas, de los lotes de producción de los diferentes cultivares: testigo TJ de la localidad, testigo TC y la variedad PM 581, se compararon según los caracteres morfológicos a nivel de mazorca. Los resultados de las evaluaciones se presentan en la tabla 4, donde se observa diferencias significativas con $p < 0,05$ para los caracteres diámetro de mazorca, diámetro de coronta y peso de coronta; mientras que para longitud de mazorca, número de granos por mazorca, peso de mazorca, peso de grano y rendimiento de coronta, no se observaron diferencias significativas entre las muestras de los cultivares TJ, PM 581 y TC. Puma¹² con el cultivar Canteño en la irrigación Majes encontró valores superiores en diámetro de mazorca (5,06-4,67 cm), longitud de mazorca (14,23-12,82 cm) y peso de mazorca (97,52-77,89g), y cuyas diferencias se relacionan principalmente con los niveles de fertilización orgánica y mineral aplicados en el experimento; por otro lado Lazo¹³, en la investigación con el cultivar PM 581 en el Cural, encontró valores superiores de diámetro de mazorca (3,91-4,33 cm) a los encontrados en la investigación, valores similares de longitud de mazorca entre 9,31 y 16,41 cm, valores superiores de peso de coronta (24,01-36,83g) y peso de granos por planta (90,66-126,34g) con

respecto a los encontrados en la investigación, que en este caso se deben principalmente a los niveles de fósforo y potasio aplicados en el experimento.

Tabla 4. Caracteres morfológicos de las mazorcas para TC, PM 581 y TJ

Muestra	Caracter morfológico							
	Diámetro mazorca (cm)*	Diámetro coronta (cm)*	Longitud mazorca (cm)	Número granos mazorca	Peso de mazorca (g)	Peso de grano (g)	Peso de coronta (g)*	Coronta (%)
TJ	3,382 ± 0,236 b	2,127 ± 0,119 b	13,991 ± 2,349 ns	178 ± 38 ns	66,791 ± 20,667 ns	54,545 ± 20,736 ns	12,236 ± 3,105 b	20,56 ± 9,74 ns
PM 581	3,671 ± 0,448 ab	2,371 ± 0,176 a	12,482 ± 2,108 ns	184 ± 63 ns	64,041 ± 22,896 ns	49,588 ± 20,388 ns	14,453 ± 4,422 a,b	24,03 ± 7,46 ns
TC	3,780 ± 0,575 a	2,460 ± 0,339 a	13,440 ± 1,963 ns	178 ± 53 ns	70,460 ± 25,732 ns	53,125 ± 23,079 ns	17,335 ± 6,358 a	26,28 ± 10,18 ns

*; ns: Indican significancia a $p < 0,05$ y *no significante*. Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan significancia en la prueba de Duncan ($p < 0,05$) entre las diferentes muestras. Valores promedio de 20 repeticiones ± desviación estándar.

Composición proximal

Los resultados de la evaluación proximal de los granos indica valores de humedad entre 12,20 y 12,70% para el TJ y TC, cenizas entre 1,80 y 1,90% para TC y PM 581, grasa de 4,00, 4,20 y 4,30% correspondiente a PM 581, TC y TJ, carbohidratos de 71,60, 71,80 y 72,40% para PM 581, TC y TJ, respectivamente, proteínas obtenidas a partir del factor 6,25 de la determinación de nitrógeno total iguales a 9,30, 9,50 y 10,10% para TJ, TC y PM 581, respectivamente, y energía total (kcal) iguales a 362,8, 363,00 y 365,50 para PM 581, TC y TJ, respectivamente. Al respecto, Manrique² presenta los siguientes valores nutricionales para los granos de las variedades de maíz, Morado Kiulli y Morado: humedad de 12,20 y 11,90%, respectivamente, similares a los encontrados para los cultivares investigados; cenizas de 1,50 y 1,34% inferiores a los encontrados en la investigación para los cultivares TC, PM 581 y TJ; grasa de 3,98 y 4,50% parecidos a los encontrados en la investigación; carbohidratos de 74,41% y 74,20% superiores a los encontrados en la investigación; proteínas iguales a 6,69% y 7,38% inferiores a los valores hallados en la investigación, y energía total de 360 y 366 kcal similares a los valores encontrados en el trabajo de investigación.

Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante

El análisis de varianza para el contenido de antocianinas, según la expresión (1) de las corontas de los cultivares TC, PM 581 y TJ, muestra diferencias significativas en $p < 0,05$; estos valores se encontraron entre 13,359 y 20,595 mg/g coronta, sobresaliendo el cultivar PM 581. Los resultados de fenoles totales para las corontas de los tres cultivares, muestra que el cultivar PM 581 presenta el mayor contenido (40,584 mg GAE/g de muestra); mientras que los resultados de la actividad antioxidante expresados como porcentaje de inhibición de DPPH, según la expresión (2), revelan diferencias altamente significativas con $p < 0,01$ en los tiempos evaluados para los extractos obtenidos de las corontas de TC, PM 581 y TJ y las soluciones de ácido ascórbico y ácido gálico empleadas como soluciones estándar, tabla 5.

Antocianinas

En relación a antocianinas Gorriti *et al.*²¹ muestran valores entre 11,56 y 37,112 mg/g de coronta, parecidos a los encontrados en la investigación donde el cultivar PM 581 sobresalió, tabla 5 y figura 3.

Tabla 5. Antocianinas, fenoles y actividad antioxidante de las corontas de maíz morado

Muestra	Acy (mg/g)*	Fenoles Totales (GAE mg/g)*	Inhibición de la actividad oxidante del DPPH (%)							
			Tiempo (minutos)							
			1**	3**	5**	10**	15**	20**	25**	30**
Ácido gálico	-	-	73,89 ± 0,23 a	74,20 ± 0,13 c	78,40 ± 0,17 d	80,02 ± 0,23 c	84,98 ± 0,29 b	86,00 ± 0,33 c	87,33 ± 0,87 b	88,12 ± 0,69 c
Ácido ascórbico	-	-	50,17 ± 0,41 c	73,59 ± 0,29 c	86,87 ± 0,46 c	92,66 ± 0,17 a	92,66 ± 0,17 a	93,34 ± 0,13 a	92,92 ± 0,29 a	92,62 ± 0,11 b
TC	13,359 ± 2,892 b	33,388 ± 2,548 b	70,49 ± 4,54 a	90,92 ± 0,23 b	92,40 ± 0,30 a	92,55 ± 0,24 a	92,74 ± 0,23 a	93,19 ± 0,23 a	93,53 ± 0,30 a	93,76 ± 0,34 a
PM 581	20,595 ± 2,684 a	40,584 ± 2,828 a	72,23 ± 0,57 a	91,90 ± 0,36 a	92,28 ± 0,23 a	92,70 ± 0,24 a	92,89 ± 0,35 a	93,19 ± 0,23 a	93,34 ± 0,40 a	93,72 ± 0,35 a
TJ	14,751 ± 0,964 b	36,224 ± 2,316 a,b	65,38 ± 0,57 b	67,16 ± 1,02 d	91,64 ± 0,36 b	92,13 ± 0,13 b	92,47 ± 0,29 a	92,70 ± 0,07 b	92,92 ± 0,17 a	92,92 ± 0,17 b

*, **: Indican diferencias significativas con $p < 0,05$ y $p < 0,01$. Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan diferencias significativas en la prueba de Duncan ($p < 0,05$). Valores promedio de 3 repeticiones \pm desviación estándar. Acy: Antocianinas. La absorción promedio en $t = 0$ del DPPH fue 0,881 para todos los casos de la actividad antioxidante.

Otra investigación relacionada con antocianinas de Yang *et al.*²² indican valores cercanos a 6 mg/g muestra. Ese mismo año, Yang *et al.*¹ reportaron el valor de 0,680 mg/g muestra; en ambos casos los valores fueron inferiores a los hallados en la investigación. Escribano-Bailón *et al.*³ en su revisión de antocianinas en cereales mencionan contenidos de 1642 mg/100 g muestra en base húmeda y 1779 mg/100 g para base seca en el maíz morado, valores cercanos a los encontrados en la investigación. Por otro lado Pedreschi y Cisneros-Zevallos²³ señalaron que la fracción acuosa (FA) del atomizado presentó un valor total de 40,25 mg de antocianina/g de FA, valor superior al encontrado en la investigación y que se justifica por la naturaleza de la muestra.

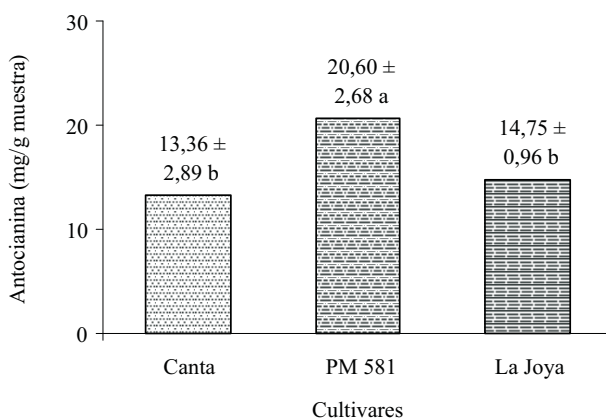


Figura 3. Antocianinas de los cultivares Canta (TC), PM 581 y La Joya (TJ). La figura muestra valores promedio de 3 repeticiones \pm desviación estándar y letras que denotan diferencias significativas en $p < 0,05$ en la prueba de Duncan.

Fenoles totales

Los fenoles totales expresados como mg GAE/g coronta, de los cultivares TC, PM 581 y TJ fueron respectivamente 33,388, 40,584 y 36,224, sobresaliendo el cultivar PM 581 según el análisis de varianza y prueba de significancia de Duncan en $p < 0,05$, tabla 5 y figura 4; valores que se encontraron dentro de los reportados por Gorriti *et al.*²¹ que indican valores entre 23,426 mg GAE/g muestra para la temperatura de 25 °C y 30 minutos y 76,945 mg GAE/g muestra para la temperatura y tiempo de 90 °C y 240 minutos. Pedreschi y Cisneros-Zevallos²³ en otro estudio, reportan que la fracción de acetato de etilo (FAE) de la muestra según el análisis por HPLC-DAD presentó valores totales de 135 mg de fenoles totales/g de muestra, superiores a los encontrados en la investigación que se explican por la naturaleza de la muestra comercial investigada.

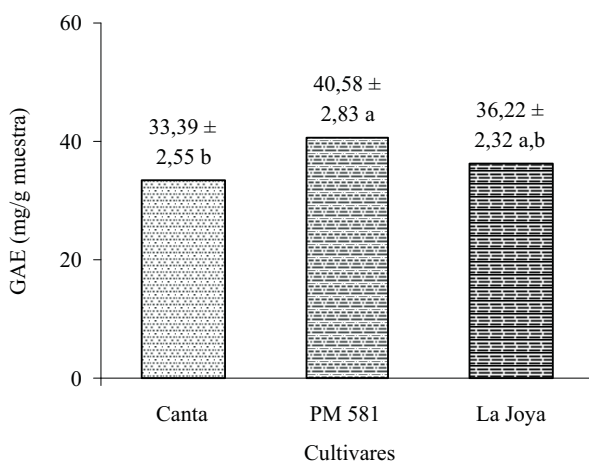


Figura 4. Fenoles totales expresados como mg GAE/g de coronta de los cultivares Canta (TC), PM 581 (PM 581) y La Joya (TJ). La figura muestra valores promedio de 3 repeticiones \pm desviación estándar y letras que denotan diferencias significativas en $p < 0,05$ en la prueba de Duncan.

Relaciones entre antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de los extractos de los cultivares Canta, PM 581 y La Joya de maíz morado

El análisis de varianza de la regresión lineal entre el contenido de antocianinas y los fenoles totales de los extractos de los cultivares TC, PM 581 y TJ de maíz morado indica relaciones altamente significativas con $p < 0,01$ y un $r^2 = 0,7201$. La figura 5, explica que dentro de los extractos se encuentran otros compuestos fenólicos, tales como el ácido protocatechuico, ácido vanílico, ácido p-coumárico, derivados de quercetina, derivados de hesperitina, derivados de ácido hidroxicinámico y otros fenólicos simples que fueron encontrados por Pedreschi y Cisneros-Zevallos²³. Gorriti *et al.*²¹ muestran relaciones altamente significativas con $p < 0,01$ y un $r^2 = 0,5888$ entre antocianinas y fenoles totales, valor que se encuentra por debajo del encontrado en la investigación ($r^2 = 0,7201$); por otro lado Netzel *et al.*²⁴ encontraron el valor de regresión lineal ($r^2 = 0,545$) inferior al encontrado en la investigación.

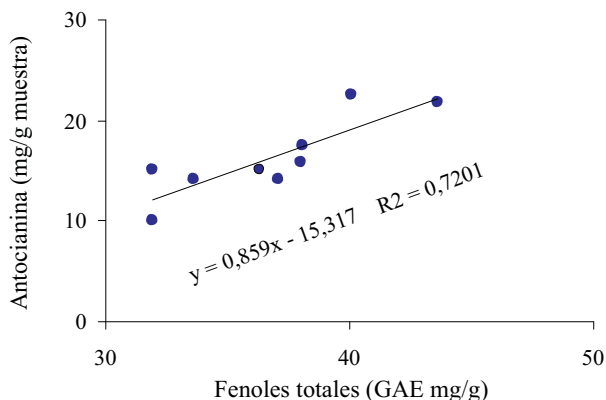


Figura 5. Análisis de regresión lineal entre el contenido de antocianinas y los fenoles totales de los cultivares Canta, PM 581 y La Joya. La figura muestra relaciones altamente significativas en $p < 0,01$ en el análisis de varianza.

Los porcentajes de inhibición de DPPH mostrados por los extractos de los cultivares Canta, PM 581 y La Joya muestran la capacidad antioxidante que posee el maíz morado, siendo estos superiores a la solución de ácido gálico en la concentración de 100 ppm y comparable a la actividad que exhibe el ácido ascórbico en la misma concentración; al respecto Gorriti *et al.*²¹ demostraron que la capacidad antioxidante del maíz morado frente al radical estable DPPH se debe principalmente a los compuestos fenólicos presentes en los extractos donde los investigadores encontraron relaciones altamente significativas con $r^2 = 0,9774$ entre los compuestos fenólicos y el porcentaje de DPPH remanente en solución; por otro lado, Netzel *et al.*²⁴ encontraron relaciones significativas cercanas a 1 ($r = 0,949$) entre actividad antioxidante y fenoles totales, y Cai *et al.*²⁵ encontraron correlaciones altamente significativas en los extractos metanólicos ($r^2 = 0,9638$ para 112 plantas y $r^2 = 0,9530$ para 110 plantas) y acuosos ($r^2 = 0,9580$ para 112 plantas y $r^2 = 0,9504$ para 110 plantas) preparados a partir de 112 plantas de la medicina tradicional China, sugiriendo que los compuestos fenólicos contribuyen significativamente a la capacidad antioxidante de las plantas.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales del distrito de La Joya, los cultivares TC, PM 581 y TJ presentan diferentes comportamientos: en altura de planta sobresalió el cultivar TC al momento de la cosecha y dentro de los caracteres peso de planta, peso de choclo, peso de panca y peso de mazorca sobresalió el cultivar TJ. Los resultados de la evaluación proximal de los granos muestra valores concordantes con la literatura no habiendo diferencias sustanciales entre los cultivares, y con respecto a los resultados de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas el cultivar PM 581 presentó significativamente los valores más altos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestro agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Perú - CONCYTEC por el financiamiento a la investigación, Proyecto No. 317-2007-CONCYTEC.

BIBLIOGRAFÍA

1. Zhendong Yang; Yonbin Han; Zhenxin Gu; Gongjian Fan; Zhigang Chen. Thermal degradation kinetics of aqueous anthocyanins and visual color of purple corn (*Zea mays* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2008; 9(3): 341-347.
2. Pío Antonio Manrique Chávez. El maíz en el Perú. *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONCYTEC* 1997, Lima. 362 pp.
3. M^a Teresa Escribano-Bailón; Celestino Santos Buelga; Julián C. Rivas-Gonzalo. Anthocyanins in cereals. *Journal of Chromatography* 2004; 1054, 129-141.
4. Antonio Brack. Diccionario Enciclopédico de las Plantas Útiles del Perú. CBC. 1999, Cusco. 650 pp.
5. Pascual Teresa S.; Santos-Buelga C.; & Rivas-Gonzalo J.C. LC-MS. Análisis of anthocyanins from purple corn cob. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2002; 82, 1003-1006.
6. Bolívar A.; Cevallos-Casals Luis; Cisneros-Zevallos. Stability of anthocyanins-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. *Food Chemistry* 2004; 86, 69-77.
7. Markakis P. Anthocyanins as food additives. In *Anthocyanins as food colours* (pp 245-253) 1982, New York: Academic Press (Chapter 9).
8. Francis, F. Colourants. Anthocyanins. *Critical Review in Food Science and Nutritive* 1989; 28, 273-314
9. Mazza G. & Miniati E. Anthocyanin in fruit, vegetables and grains (pp 1-28)1993, CRC Press: Boca Ratón, FL.
10. Bridle P. & Timberlake C.F. Anthocyanins as natural food colours-Selected aspects. *Food Chemistry* 1997; 58, 103-109.
11. Duhard V.; Garnier C. & Megard D. Comparison of the stability of selected anthocyanin colorants in drink model systems. *Agro Food Industry Hi Tech* 1997; 8, 28-34.
12. José Manuel Puma Valdivia. Dos Fuentes de material orgánica y el rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L.) cv. "Canteño" en zonas áridas. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Escuela Profesional de Agronomía, UNSA. 1998, Arequipa. 140 pp.
13. Rafael Néstor Lazo Cama. Fertilización potásica y fosfórica en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) P.M. 581, El Cural - Arequipa. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Escuela Profesional de Agronomía, UNSA. 1999, Arequipa. 146 pp.
14. Giusti M.M. & Wroslstad, R.E. Characterization and measurements of anthocyanins by UV-VIS spectroscopy. In *Current protocols in Food Analytical Chemistry* (pp 13) 2001, New York: John Wiley & Sons, Inc. (Unit F1.2.1-F1.2.13).
15. A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 15th Edition. *Association of official Analytical Chemists*, 1990. Washington, D.C.
16. Sidsel Fiskaa Haagen; Grethe Iven A. Borge; Gunnar B. Bengtson; Wolfgang Bilger; Aroid Berge; Karin Haffner; Knut Asbjørn Solhaug. Phenolics contents and other health and sensory properties of apple fruit (*Malus domestica* Borkh., cv. Aroma): Effects of post harvest UV-B irradiation. *Postharvest Biology and Technology* 2007; 45, 1-10.
17. Argimiro Rivero Rosales; Juana Betancort Rodríguez. Evaluación de la actividad antioxidante de polifenoles de algas marinas, Práctica VI.3, 2006.
www.iupac.org/publications/cd/medicinal_chemistry

18. Jesús Salinas Flores; Luis Daza Portocarrero. Manual de SAS para PC'S. Departamento de Estadística e Informática, Facultad de Economía y Planificación, UNALM. 1996, Lima. 114 pp.
19. Orlando Chipana Quispe. Guía SAS aplicado a diseños experimentales. Centro de Cómputo, Escuela de Posgrado, UNALM. 1997, Lima. 40 pp.
20. SENAMHI. Informe No. 001 - SENAMHI - DR6 - 2009, SENAMHI, 2009. Arequipa.
21. Arilmí Gorriti Gutiérrez; Jorge Arroyo Acevedo; Luisa Negrón Ballarte; Bertha Jurado Teixeira; Harold Purizaca; Ilario Santiago Aquise; Evelyng Taype Espinoza; Fredy Quispe Jacobo. Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas de maíz morado (*Zea mays* L.): Método de extracción. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas - BLACPMA*, 2009; 8(6): 509-518.
22. Zhendong Yang; Gongjian Fan; Zhenxin Gu; Yonbin Han; Zhigang Chen. Optimization extraction of anthocyanins from purple corn (*Zea mays* L.) cob using tristimulus colorimetry. *Eur Food Res Technol* 2007; DOI 10.1007/S 00217-007-0735-4; Springer-Verlag.
23. Romina Pedreschi; Luis Cisneros-Zevallos. Phenolics profiles of Andean purple corn (*Zea mays* L.). *Food Chemistry*, 2007; 100: 956-963.
24. Michael Netzel; Gabriele Netzel; Qingguo Tian; Steven Schwartz; Izabela Konczak. Native Australian fruits - a novel source of antioxidants for food. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2007; 8: 339-46.
25. Yizhong Cai; Qiong Luo; Mei Sun; Harold Corke. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*, 2004; 74: 2157-2184.