



## Capacidad productiva y heterosis útil en híbridos no convencionales de maíz morado bajo condiciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina

### Productive capacity and useful heterosis in non-conventional purple corn hybrids under La Molina National Agrarian University conditions

Elías Huanuqueño<sup>1\*</sup>; Jorge Tobaru<sup>1</sup>; Hugo Ramos<sup>1</sup>; Kristel Gutiérrez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento Académico Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina, Apartado postal 12-056 - La Molina, Lima, Perú. Email: [chh.coca@lamolina.edu.pe](mailto:chh.coca@lamolina.edu.pe)

Recepción: 29/10/2018; Aceptación: 05/01/2019

#### Resumen

En el Perú, el consumo del maíz morado como colorante de la chicha y mazamorra morada está muy difundido; sin embargo, debido a sus propiedades medicinales derivadas de su consumo, la demanda del maíz morado en el mercado internacional se ha incrementado; una de las estrategias para aumentar la producción podría ser el uso de los híbridos mejorados. Con los objetivos de determinar la capacidad productiva y estimar la heterosis, se evaluaron 15 genotipos de maíz morado en siembras de invierno de 2018, en el campo experimental de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los caracteres evaluados fueron el color de mazorca, su rendimiento, peso, humedad de cosecha, altura de planta, altura de la mazorca y diámetro de tallo. El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas para todos los caracteres evaluados, excepto en humedad de cosecha. En general, el rendimiento promedio de mazorcas de los híbridos no convencionales fue de 8,36 t/ha, superando el promedio de sus progenitores, 6,78 t/ha, y el promedio nacional, 5,3 t/ha. El híbrido P-31x P-93 con 4,44 unidades en la escala de color de mazorca y rendimiento de mazorcas de 10,17 t/ha, superó estadísticamente al testigo comercial en 12,1% y 32,8% para color y rendimiento de mazorca, respectivamente. Valores positivos de heterosis útil para color y rendimiento de mazorca fueron encontrados en tres híbridos, lo cual es indicativo de su potencial económico; además, estos mismos híbridos resultaron tener plantas más bajas que las del testigo comercial debido a que los valores de heterosis útil fueron negativos.

**Palabras clave:** vigor híbrido; heterosis; color de mazorca; rendimiento de mazorca; maíz amiláceo.

**Forma de citar el artículo:** Huanuqueño *et al.*, 2019. Capacidad productiva y heterosis útil en híbridos no convencionales de maíz morado bajo condiciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Anales Científicos 80 (1): 181- 189 (2019).

DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v80i1.1383>

Autor de correspondencia (\*): Elías Huanuqueño. Email: [chh.coca@lamolina.edu.pe](mailto:chh.coca@lamolina.edu.pe)

© Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

## Abstract

In Perú, the purple corn consumption as a colorant for *chicha* and *mazamorra morada* is very widespread; however, due to its medicinal properties derived from its consumption, the demand for purple corn in the international market has increased, one of the strategies to increase production could be the use of improved hybrids. With the objective of determine the productive capacity and estimating the heterosis, 15 genotypes of purple corn were evaluated in winter sowings during 2018 in the experimental field of the La Molina National Agrarian University. The traits evaluated were: cob color, its yield, weight, harvest humidity, plant height, cob height and stem diameter. The variance analysis detected highly significant differences for all the evaluated traits, except in harvest humidity. In general, the average cobs yield of non-conventional hybrids was 8,36 t/ha, exceeding the average of their parents 6,78 t/ha and the national average 5,3 t/ha. The P-31x P-93 hybrid with 4,44 units in the cob color scale and a yield of 10,17 t/ha, statistically surpassed the commercial control in 12,1% and 32,8% for color and cob yield, respectively. Positive values of useful heterosis for color and cob yield were found in three hybrids, which is indicative of its economic potential; in addition, these same hybrids were found to have lower plants than those of the commercial control because the values of useful heterosis were negative.

**Keywords:** hybrid vigor; useful heterosis; cob color; ear yield; starchy corn.

## 1. Introducción

El maíz morado se caracteriza por la acumulación de pigmentos en el pericarpio del grano y la coronta o marlo (Sevilla, 1993); además, es considerado como una opción para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos por los naturales que son beneficiosos para el consumo humano (Quispe *et al.*, 2011).

En varias investigaciones (Chaittitanan *et al.*, 2017; Lao *et al.*, 2017; Herrera-Calderón, 2015; Paucar-Menacho, 2014; Requis, 2012; Ronceros *et al.*, 2012; Huang *et al.*, 2015; Terrones y Días, 2016; Villasante *et al.*, 2015) manifiestan que la importancia del maíz morado en la agroindustria se ha incrementado debido a su valor nutricional y a su amplia diversidad de uso. Asimismo, Quispe *et al.* (2011) señala que las exportaciones de maíz morado, como de la materia colorante, se han incrementado a una tasa anual de 40,9% y 318,2%, respectivamente, entre los años 2010 y 2015.

El incremento de la demanda del maíz morado ha motivado que aumente la superficie cosechada, que pasó de 3183,0 hectáreas, en el año 2014, a 4346,8 hectáreas en el año 2017, lo cual equivale a un incremento acumulado de 36,56% en estos cuatro años; sin embargo, el rendimiento ha experimentado una disminución acumulada del -5,85% entre los años 2014 y 2017, pasando de 5642 a 5313 kg/ha (Minagri, 2018). Entre las causas del bajo rendimiento

están las variedades con baja productividad y deficientes en cuanto a la producción de mazorcas con calidad exportable (León, 2008; Manrique, 1997); además, el costo de producción es alto, lo cual no permite ser competitivo (Prompex, 2015).

Aumentar la producción de mazorca exportable es posible si se identifican híbridos de alto rendimiento de mazorcas sanas y de color morado intenso. Al respecto, Paliwal (1986) y Vasal (1986) definen a un híbrido como la primera generación ( $F_1$ ) de un cruzamiento entre dos genotipos diferentes; asimismo, señalan que como los híbridos de progenitores endocriados son los más comunes, se les conoce como híbridos convencionales; los híbridos hechos con progenitores no endocriados o mixtos no son tan populares por lo que se les llama híbridos no convencionales.

Medina *et al.* (2016) manifiestan que una variedad de maíz morado es rendidora si su rendimiento de mazorca supera los 5500 kg/ha. Identificar genotipos con valores de heterosis superiores es clave para mejorar caracteres cuantitativos (Alam *et al.*, 2004; Ríos, 2011; Shull, 1952; Salinas, 2015; Solano, 1999). Ríos, en el 2011, evaluó 10 híbridos intervarietales y sus cinco progenitores y concluyó que el híbrido Cañete x Cajamarca obtuvo el mayor rendimiento de mazorca con 5750 kg/ha.

Se han realizado estudios agronómicos en variedades de maíz morado. En varias investigaciones (Alvarado, 2015; Mayanga,

2011; Rodríguez, 2013; Solano, 1999) concluyeron que las variedades de maíz morado tienen respuestas diferentes en cuanto a densidad de siembra, fertilización, control de malezas y dotación de agua; sin embargo, sobre la evaluación de genotipos (tales como los híbridos no convencionales) con fines de selección, se ha hecho poco, a pesar de que la semilla es un insumo que tiene ventajas tales como el aprovechamiento de la heterosis, su facilidad de uso y el efecto multiplicativo; por tal motivo, esta investigación se realizó con los objetivos de determinar la capacidad productiva de 15 genotipos de maíz morado y estimar la heterosis útil con fines de selección de siete híbridos no convencionales.

## 2. Materiales y métodos

### Ubicación del experimento y manejo agronómico

El experimento se realizó en La Molina, en los campos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, la siembra fue hecha el 26 de julio de 2017 y la cosecha se realizó el 15 de enero de 2018. El manejo agronómico del experimento —preparación del terreno, fertilización y control químico de insectos— fue llevado a cabo de acuerdo con las recomendaciones establecidas para un lote comercial de producción de mazorcas de maíz morado.

### Material vegetal y características de la parcela experimental

Quince genotipos fueron evaluados: un testigo comercial (testigo PMV-581), tres testigos experimentales (Pacarán-M, PMV-581M y Morado-N), cuatro poblaciones (P-92, P-93, P-30 y P-31) y siete híbridos no convencionales derivados del cruce entre las cuatro poblaciones (P-30xP-31, P-30xP-92, P-31xP-92, P-93xP-92, P-30xP-93, P-31xP-30 y P-31xP-93). Estos genotipos fueron sembrados en parcelas de 3,52 m<sup>2</sup>, donde la distancia entre surcos fue de 80 cm y entre golpes 40 cm, manteniendo 2 plantas/golpe y 11 golpes/parcela bajo. El diseño experimental fue el de Bloques Completos Al Azar con cinco repeticiones.

### Características evaluadas

Se evaluó 7 caracteres: color de mazorca (CMZ), rendimiento de mazorca (RMZ),

peso de mazorca (PMZ), humedad de cosecha (HC), altura de planta (APL), altura de mazorca (AMZ) y diámetro de tallo (DTA). Para la evaluación del CMZ se utilizó una escala de color que varió del 1 al 5, donde: 1 = tuzza sin pigmento y grano no negro, 2 = tuzza morado claro y grano negro, 3 = tuzza morado intermedio y grano negro, 4 = tuzza morado y grano negro, 5 = tuzza morado intenso y grano negro; el PMZ se obtuvo de dividir el peso de todas la mazorcas entre el número de mazorcas expresado en gramos; para la HC, inmediatamente después de la cosecha, se desgranó cinco mazorcas y en una mezcla representativa de sus granos se determinó la humedad de cosecha; la APL se evaluó desde la superficie del suelo hasta la base de la panoja; la AMZ desde la superficie hasta el nudo de inserción de la mazorca superior; el DTA en el entrenudo más próximo al suelo. Los caracteres APL, AMZ y DTA fueron evaluados en 10 plantas competitivas por parcela y por repetición. Finalmente, el rendimiento de mazorca (RMZ) se determinó con la siguiente fórmula:

$$RMZ = P_c * 0,971 * F_h * F_f * (10000 \text{ m}^2 / 3,52 \text{ m}^2), \text{ donde:}$$

RMZ = Rendimiento de mazorca (t/ha)

P<sub>c</sub> = Peso de mazorcas cosechadas por parcela

0,971 = Factor de contorno

3,52m<sup>2</sup> = Área de la parcela

F<sub>h</sub> = Factor de corrección por humedad, ajustado al 14%

F<sub>f</sub> = Factor de corrección por fallas

La heterosis media (HM) se estimó comparando el rendimiento del híbrido simple con el rendimiento promedio de los dos parentales y expresado como porcentaje (Virmani *et al.*, 1997), para lo cual se usó la fórmula siguiente:

$$HM = \{ [F_1 - (P_1 + P_2) / 2] * 100 / [(P_1 + P_2) / 2] \}, \text{ donde:}$$

(P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>)/2 = rendimiento promedio de los progenitores

La heterosis útil (HU) o heterosis estándar se estimó comparando el rendimiento del híbrido simple con la mejor variedad comercial de la zona que fue la variedad PMV-581 y expresado como porcentaje (Virmani *et al.*, 1997), para lo cual se usó la fórmula siguiente:

$HU = (F_1 - RVC) * 100 / RVC$ , donde:  
 RVC = rendimiento de la variedad comercial sembrada por los agricultores.

### Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados con el programa estadístico R, versión 3.5.1. El análisis de varianza fue hecho para cada característica de acuerdo al diseño de Bloques Completos Al Azar. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 5%.

### 3. Resultados y discusiones

El análisis de variancia (Tabla 1) detectó diferencias estadísticas para todos los caracteres evaluados y los valores de los coeficientes de variación indican que la conducción del experimento fue eficiente.

En variedades de maíz morado, las características color y rendimiento de mazorca son los que le dan valor comercial. El 78% de la variación para el color de la mazorca provino de las diferencias genotípicas, mientras que para el rendimiento de mazorcas los genotipos proporcionaron una variación del 59,9%. Estos resultados indican que el rendimiento y color de mazorcas de por lo menos un genotipo es diferente al de otro u otros genotipos. Debemos mencionar que ambos caracteres están gobernados por muchos genes y, como consecuencia, el efecto ambiental es importante.

Las comparaciones de medias para los siete caracteres se pueden observar en la Tabla 2. Según esta Tabla, el genotipo Pacarán-M presentó las mazorcas más pigmentadas; sin embargo, solo superó a cuatro genotipos, P-31xP-30, P-92, Morado-N y P-31xP-92. En cuanto al rendimiento de mazorcas, los híbridos P-31xP-93 y P-30xP-93 tuvieron los más altos rendimientos; sin embargo, el híbrido P-31xP-93 con 10,17 t/ha de mazorcas superó estadísticamente a todos los genotipos de maíz morado. Ríos, en el 2011, luego de evaluar 10 híbridos y sus progenitores, encontró que los híbridos superaron a sus progenitores y al testigo, esto nos demuestra que en maíz morado también es posible incrementar el rendimiento a través del aprovechamiento de la heterosis, tal como lo señaló Shull en 1952 para el maíz amarillo. Similar comportamiento se observó para el peso de una mazorca. Los genotipos más precoces o con mazorcas más secas al momento de la cosecha fueron P-31 y Pacarán-M con 32,8% y 32,9% de humedad de cosecha, respectivamente, no diferenciándose entre ellos, pero sí con el Morado-N que obtuvo 36,82% de humedad de mazorca. Los caracteres como altura de planta, altura de mazorca y diámetro del tallo están asociados de manera que plantas altas tienen sus mazorcas ubicadas a mayor distancia del suelo y con un tallo más grueso.

El término heterosis o su sinónimo, vigor híbrido, se refiere a la superioridad de la primera generación de cruzamiento

Tabla 1: Cuadrados medios de siete caracteres evaluados en 15 genotipos de maíz morado

Fuente de variación	GL	Cuadrado Medio						
		Color de mazorca	Rendimiento de mazorca (t/ha)	Peso de mazorca (kg)	Humedad de cosecha (%)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Diámetro de tallo (cm)
Bloque	4	0,09 *	3,30 *	0,002 **	17,74 *	1132,03 **	292,80	0,269 **
Genotipo	14	0,39**	6,63 **	0,002 **	8,87	1192,67 **	894,00 **	0,064 **
Error	56	0,02	1,13	0,001	6,50	198,77	166,29	0,012
Promedio		4,06	7,61	0,161	34,65	171,01	91,54	2,04
C. V. (%)		7,29	13,99	13,350	7,36	8,24	14,08	5,45

\* y \*\* indican el nivel de significación al 5% y 1%, respectivamente

o F sobre sus progenitores. La heterosis puede ser positiva o negativa o ambas y dependiendo del objetivo de mejoramiento, puede ser útil en los tres casos. Por ejemplo, heterosis positiva se requiere para el color de la mazorca, el rendimiento de las mazorcas y el diámetro del tallo; mientras que heterosis negativa se desea para precocidad, altura de planta y altura de mazorca.

Los híbridos P-31xP-93, P-30xP-31 y P-93xP-92 presentaron mazorcas más pigmentadas que sus progenitores y que el testigo comercial, dado que obtuvieron valores positivos para heterosis media y heterosis útil (Tabla 3). En el híbrido P-31xP-93 se registró el valor positivo máximo tanto para heterosis media y heterosis útil con 8,03% y 12,12%, respectivamente.

**Tabla 2:** Comparación de promedios de siete caracteres evaluados en 15 genotipos de maíz morado

Genotipo	Color de mazorca	Rendimiento de mazorca (t/ha)	Peso de mazorca (kg)	Humedad de cosecha (%)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Diámetro de tallo (cm)
P-31x P-93	4,44 ab	10,17 a	0,20 a	33,2 ab	188,0 abc	93,0 bc	2,01 bcde
P-30x P-93	3,92 efgh	9,75 ab	0,19 ab	34,1 ab	167,4 cde	83,0 cde	2,10 bcd
P-30x P-92	3,96 defgh	8,52 bc	0,17 bc	35,2 ab	172,5 abcd	94,7 bc	2,03 bcde
P-30x P-31	4,28 bc	8,25 cd	0,16 cd	33,5 ab	168,9 bcde	90,3 bc	2,01 cde
PMV-581	3,96 defgh	7,66 cde	0,15 cd	35,5 ab	189,1 ab	109,0 ab	2,26 a
P-31x P-30	3,88 fgh	7,56 cde	0,15 cd	33,7 ab	158,5 de	86,2 cd	2,00 cde
P-31x P-92	3,52 i	7,43 cde	0,15 cd	33,3 ab	184,6 abc	118,7 a	2,14 abc
PMV-581M	4,18 bcde	7,39 cde	0,15 cd	34,7 ab	167,4 cde	86,5 cd	1,95 de
P-31	4,00 cdefgh	7,21 cde	0,15 cd	32,8 b	149,1 ef	69,0 de	1,79 f
P-93	4,22 bcd	7,20 cde	0,15 cd	36,1 ab	191,8 a	101,1 bc	1,99 cde
Morado-N	3,76 hi	7,01 cde	0,16 cd	36,8 a	173,8 abcd	91,6 bc	2,17 ab
P-93x P-92	4,16 bcdef	6,87 de	0,14 cd	36,1 ab	178,8 abcd	100,4 bc	2,06 bcde
P-30	4,12 cdefg	6,60 e	0,14 cd	35,3 ab	134,2 f	67,3 e	1,95 de
Pacarán-M	4,64 a	6,36 e	0,14 cd	32,9 b	172,4 abcd	85,7 cd	1,93 ef
P-92	3,84 gh	6,10 e	0,13 d	35,9 ab	168,2 cde	96,2 bc	2,08 bcde

**Tabla 3:** Heterosis media y heterosis útil para color y rendimiento de mazorca en siete híbridos de maíz morado

Genotipo	Color de mazorca	Heterosis media (%)	Heterosis útil (%)	Genotipo	Rendimiento de mazorca (t/ha)	Heterosis media (%)	Heterosis útil (%)
Híbridos				Híbridos			
P-31xP-93	4,44	8,03	12,12	P-31xP-93	10,17	41,12	32,76
P-30xP-31	4,28	5,42	8,08	P-30xP-93	9,75	41,27	27,28
P-93xP-92	4,16	3,23	5,05	P-30xP-92	8,52	34,17	11,20
P-30xP-92	3,96	-0,50	0,00	P-30xP-31	8,25	19,35	7,62
P-30xP-93	3,92	-6,00	-1,01	P-31xP-30	7,56	9,42	-1,33
P-31xP-30	3,88	-4,43	-2,02	P-31xP-92	7,43	11,68	-3,00
P-31xP-92	3,52	-10,2	-11,11	P-93xP-92	6,87	3,38	-10,28
Progenitores				Progenitores			
P-93	4,22			P-31	7,21		
P-30	4,12			P-93	7,20		
P-31	4,00			P-30	6,60		
P-92	3,84			P-92	6,10		
Testigo comercial				Testigo comercial			
PMV-581	3,96			PMV-581	7,66		

El 100% de los híbridos obtuvieron valores positivos de heterosis media para el rendimiento de mazorcas y 4 de 7 híbridos superaron al testigo comercial porque sus valores de heterosis útil fueron positivos (Tabla 3). Los híbridos P-31xP-93 y P-30xP-93 son promisorios debido a que sus valores de heterosis útil fueron 32,76% y 27,28%, respectivamente.

Una de las estrategias para aumentar el rendimiento de mazorcas es mediante la selección de variedades que toleran altas densidades de siembra y las variedades con plantas bajas tienen las mejores respuestas; con este criterio, los valores de heterosis negativos son los más importantes. Todos los híbridos tuvieron plantas más bajas que las del testigo comercial por lo que sus valores de heterosis útil fueron negativos;

sin embargo, los híbridos P-31xP-30, P-30xP-93 y P-30xP-31 con -16,18%; -11,47% y -10,68% obtuvieron los valores más bajos, respectivamente (Tabla 4).

Medias con la(s) misma(s) letra(s) en la columna (Sig.) no son diferentes estadísticamente, Tukey ( $p < 0,05$ ).

El tallo de los híbridos fue más grueso que el diámetro de sus progenitores y todos obtuvieron valores positivos de heterosis media; sin embargo, ninguno superó al testigo comercial (Tabla 4). Aparentemente, al reducir la altura de la planta también se reduce el diámetro del tallo. En comparación con el testigo, en los híbridos P-31xP-92, P-30xP-93 y P-93xP-92 la reducción del diámetro del tallo fue de menor intensidad debido a que sus valores de heterosis útil fueron -5,38%; -6,97% y -8,91%, respectivamente.

**Tabla 3:** Heterosis media y heterosis útil para color y rendimiento de mazorca en siete híbridos de maíz morado

Genotipo	Color de mazorca	Heterosis media (%)	Heterosis útil (%)	Genotipo	Rendimiento de mazorca (t/ha)	Heterosis media (%)	Heterosis útil (%)
Híbridos				Híbridos			
P-31xP-93	4,44	8,03	12,12	P-31xP-93	10,17	41,12	32,76
P-30xP-31	4,28	5,42	8,08	P-30xP-93	9,75	41,27	27,28
P-93xP-92	4,16	3,23	5,05	P-30xP-92	8,52	34,17	11,20
P-30xP-92	3,96	-0,50	0,00	P-30xP-31	8,25	19,35	7,62
P-30xP-93	3,92	-6,00	-1,01	P-31xP-30	7,56	9,42	-1,33
P-31xP-30	3,88	-4,43	-2,02	P-31xP-92	7,43	11,68	-3,00
P-31xP-92	3,52	-10,2	-11,11	P-93xP-92	6,87	3,38	-10,28
Progenitores				Progenitores			
P-93	4,22			P-31	7,21		
P-30	4,12			P-93	7,20		
P-31	4,00			P-30	6,60		
P-92	3,84			P-92	6,10		
Testigo comercial				Testigo comercial			
PMV-581	3,96			PMV-581	7,66		

**Tabla 4:** Heterosis media y heterosis útil para altura de planta y diámetro de tallo en siete híbridos de maíz morado

Genotipo	Altura de planta (cm)	Heterosis media (%)	Heterosis útil (%)	Genotipo	Diámetro de tallo (cm)	Heterosis media (%)	Heterosis útil (%)
Híbridos				Híbridos			
P-31xP-30	158,56	11,94	-16,18	P-31xP-92	2,14	10,69	-5,38
P-30xP-93	167,46	2,72	-11,47	P-30xP-93	2,11	6,68	-6,97
P-30xP-31	168,96	19,28	-10,68	P-93xP-92	2,06	1,23	-8,91
P-30xP-92	172,58	14,14	-8,77	P-30xP-92	2,03	0,74	-10,33
P-93xP-92	178,86	-0,64	-5,45	P-31xP-93	2,02	6,43	-10,94
P-31xP-92	184,62	16,37	-2,40	P-30xP-31	2,01	7,36	-11,21
P-31xP-93	188,02	10,30	-0,60	P-31xP-30	2,00	6,94	-11,56
Progenitores				Progenitores			
P-30	134,20			P-92	2,08		
P-31	149,10			P-93	2,00		
P-92	168,20			P-30	1,95		
P-93	191,84			P-31	1,79		
Testigo comercial				Testigo comercial			
PMV-581	189,16			PMV-581	2,27		

#### 4. Conclusiones

En conclusión, los rendimientos de mazorcas de los híbridos no convencionales variaron entre 6,87 y 10,17 t/ha y fueron superiores al promedio nacional (5,3 t/ha). Los híbridos simples no convencionales, P-31xP-93 y P-30xP-93, obtuvieron los valores más altos de heterosis útil para rendimiento de mazorca con 32,76% y 27,28%, respectivamente. El 100% de los híbridos tuvieron valores de heterosis útil negativos para altura de planta, es decir, sus plantas fueron más bajas que las del testigo comercial. Esto permitiría aumentar la densidad poblacional por unidad de superficie y de esta forma obtener mayor número de mazorcas por área de siembra; sin embargo, es necesario evaluar el comportamiento de los dos híbridos —que resultaron ser promisorios en este experimento— en varias densidades de siembra y diferentes dosis y momentos de fertilización.

#### 5. Literatura citada

Alam, A.; Khan, M.; Nuruzzaman, M.; Parvez, S.; Swaraz, A.; Alam, I.; Ahsan, N. 2004. Genetic basis of

heterosis and inbreeding depression in rice (*Oryza sativa* L.). Journal Zhejiang University science, 5: 406-411.

Alvarado, V. 2015. Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el crecimiento y rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581. Tesis de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 200 p.

Chaiittianan, R.; Sutthanut, K.; Rattanathongkom, A. 2017. Purple corn silk: a potential anti-obesity agent with inhibition on adipogenesis and induction on lipolysis and apoptosis in adipocytes. Journal of ethnopharmacology 201: 9-16.

Herrera-Calderón, O.; Herrera-Moran, H.; Arroyo, J.; Hañari-Quispe, R. 2015. Efecto hepatoprotector del extracto hidroetanólico atomizado del maíz morado (*Zea mays* L.) en lesiones hepáticas inducidas en ratas. Anales de la Facultad de Medicina 76(2): 123-128. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Ica, Perú.

Huang, B.; Wang, Z.; Park, J.H.; Ryu, O.H.;

- Choi, M.K.; Lee, J.Y.; Lim, S.S. 2015. Anti-diabetic effect of purple corn extract on C57BL/KsJ db/db mice. *Nutrition Research and Practice* 9(1): 22-29.
- Lao, F.; Sigurdson, G.T.; Giusti, M.M. 2017. Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16(2): 234-246.
- León, R. 2008. Chicha Peruana: Una bebida, una cultura. Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Manrique, P. 1997. El maíz en el Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Lima. Perú. 240 p.
- Mayanga, A. 2011. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 205 p.
- Mazewski, C.; Liang, K.; de Mejia, E.G. 2017. Inhibitory potential of anthocyanin-rich purple and red corn extracts on human colorectal cancer cell proliferation in vitro. *Journal of functional foods* 34: 254-265.
- Medina Hoyos, A.E.; Yoshino, M.; Morita, T.; Maruyama, H. 2016. Guía de producción comercial de maíz morado. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Lima, Perú. 66 p.
- Paliwal, R.L. 1986. CIMMYT's expanded maize improvement program. 2. Asian Regional Maize Workshop (27 Apr-3 May 1986). Jakarta, East Java: Indonesia. CIMMYT.
- Paucar-Menacho, L.; Mori-Arismendi, S.; Guillén-Sánchez, J. 2014. Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigrovioláceo. *Scientia Agropecuaria* 6: 211-217.
- Prompex, D. 2015. Estadísticas de exportaciones peruanas. Comisión de Promoción del Perú para la exportación y el turismo. Promperú, Lima, Perú.
- Quispe, C.; Arroyo, K.; Gorriti, A. 2011. Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 77(3): 205-217.
- Requis, F. (2012). Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú. *Boletín*, (1-12): 23. INIA, Lima, Perú.
- Ríos, R. 2011. Evaluación de híbridos intervarietales de maíz morado en la localidad de La Molina. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 250 p.
- Rodríguez, E. 2013. Efecto de la densidad de siembra, de la fertilización N-P-K y de la aplicación de ácidos húmicos en el rendimiento de maíz morado. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 210 p.
- Roncero, G.; Ramos, W.; Galarza, C.; Gutiérrez, E.; Ortega-Loayza, A.; La Rosa, C.; Cucho, C.; Palma, L. 2012. Estudio comparativo del maíz morado (*Zea mays* L.) y simvastatina en la reducción de lípidos séricos de pacientes diabéticos normotensos con dislipidemia. *Anales de la Facultad de Medicina* 73(2): 113-117. Facultad de Medicina, UNMSM, Lima, Perú.
- Salinas, R. 2015. Mejoramiento poblacional de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.) Canaán a 2735 m s.n.m. – Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Perú. 89 p.
- Sevilla, R. 1993. Mejoramiento genético del maíz en la Sierra del Perú. *Actas de las Sesiones de Avances de Investigación*. ANCYT, t. 1, N° 1, marzo. Lima, Perú.
- Shull, G.H. 1952. Beginnings of the heterosis concept. Gowen, J.W. (Ed.). *Heterosis*, Iowa State University, Press, Ames, IA. 14-48 p.
- Solano, R. 1999. Efecto de la fertilización N-P-K en el rendimiento y contenido de antocianinas de tres variedades de maíz morado bajo RLAf. Tesis Ing.

- Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú. 120 p.
- Terrones, J.; Díaz, L. 2016. Métodos de extracción de colorante de *Zea mays* L. (Maíz morado) para la elaboración de una bebida saludable. Tesis Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Amazonas. Perú. 110 p.
- Vasal, S.K. 1986. Approaches and methodology in the development of QPM hybrids. En: Anais do 15 Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Brasília. Documentos 5. Brasília, Brasil: EMBRAPA-CNPMS. 419-430 p.
- Villasante, A.; Biswamitra, P.; Chew, B.; Becerra, M.; Wacyk, J.; Overturf, K.; Powel, M.; Hardy, R. 2015. Dietary Intake of Purple Corn Extract Reduces Fat Body Content and Improves Antioxidant Capacity and n-3 Polyunsaturated Fatty Acid Profile in Plasma of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of the World Aquaculture Society 46(4): 381-394.
- Virmani, S.; Viraktamath, C.; Casal, C.; Toledo, R.; López, M.; Manalo, J. 1997. Hybrid Rice Breeding Manual. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. 194 p.