

Contenido de antocianinas en coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú

Anthocyanin content in crown and bracts from six cultivars of purple maize (*Zea mays* L.) from Peru

Víctor Vásquez Arce¹; Peter Chris Piña Díaz¹; Alicia Medina Hoyos²; Héctor A. Cabrera Hoyos²; Alejandro Seminario Cunya³; Luis A. Jiménez Díaz^{4*}; Juan F. Seminario Cunya¹

¹ Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1050, Cajamarca, Perú.

² Estación Experimental Baños del Inca, Cajamarca, INIA. Perú.

³ Universidad Nacional Autónoma de Chota, Jr. José Osoro 418, Chota, Perú.


⁴ Facultad de Economía y Planificación. Universidad Nacional Agraria. Av. La Molina S/N, La Molina, Lima. Perú.


*Autor correspondiente: jdl@lamolina.edu.pe (L. Jimenez Diaz).

ID ORCID de los autores:

V. Vásquez Arce:  <https://orcid.org/0000-0003-0876-5692>

A. Medina Hoyos:  <https://orcid.org/0000-0003-4411-4424>

H. Cabrera Hoyos:  <https://orcid.org/0000-0002-6996-5180>

A. Seminario Cunya:  <https://orcid.org/0000-0002-5051-729X>

L. Jiménez Díaz:  <https://orcid.org/0000-0002-6082-18931893>

J. Seminario Cunya:  <https://orcid.org/0000-0001-9829-8308>

RESUMEN

Se evaluó el contenido de antocianinas de la coronta y las brácteas de seis cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.): INIA 601, INIA 615, PM-581, UNC 47, Canteño y Morado mejorado en seis localidades. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones por cultivar. Las muestras constaron de 0,30 g de coronta y 0,40 de brácteas molidas. La cuantificación de antocianinas se efectuó de acuerdo al método de Fuleki y Francis (1968). Se realizó un ANOVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Duncan. Se observó significación estadística ($p < 0,05$) para los seis cultivares en el contenido de antocianinas en coronta y brácteas. Los cultivares INIA 601, UNC 47 y Morado mejorado destacaron, con valores de 6,10% a 6,38% de antocianinas para coronta y 2,01% a 2,92% de antocianinas para brácteas.

Palabras clave: *Zea mays* L.; antocianinas; corontas; brácteas; cultivares; maíz morado.

ABSTRACT

The anthocyanin content of crown and the bracts of six cultivars were evaluated (*Zea mays* L.): INIA 601, INIA 615, PM-581, UNC 47, Canteño and Improved purple in six locations. The experimental design was random blocks with four repetitions to be cultivated. Samples consisted of 0.30 g crown and 0.40 ground braced. The quantification of anthocyanins was carried out according to the method of Fuleki and Francis (1968). An ANOVA was performed, and the treatment stockings were compared to Duncan's test. Statistical significance was observed ($p < 0.05$) for the six cultivars in the content of anthocyanins in crown and bract. The INIA 601, UNC 47, and improved Purple 10, with values of 6.10% to 6.38% for crown and 2.01% to 2.92% for bracts.

Keywords: *Zea mays* L.; anthocyanins; crown; bracts; cultivars; purple corn.

Recibido: 22-07-2020.

Aceptado: 07-11-2020.

INTRODUCCIÓN

El maíz morado es un tipo de maíz que pertenece a la especie *Zea mays* L., nativo de la región andina y ampliamente cultivado y consumido en toda la región, principalmente en Perú, Ecuador y Bolivia. En el Perú se cultiva desde la época prehispánica (Leiva, 2016; Acosta 2009; Grobman *et al.*, 1961, 2012; Lao *et al.*, 2017). En este país se siembran alrededor de 5000 ha de maíz morado, con cultivares o variedades tradicionales como Negro de Junín, Morado de Caraz, Arequipaño, Cuzco morado y Canteño, y algunas variedades mejoradas como PMV 581, INIA 601 e INIA 615 (MINAGRI, 2017). Estas variedades son importantes por su alto contenido de antocianinas, metabolitos secundarios del tipo flavonoides presentes en todas las partes de la planta, pero con mayor concentración en la mazorca (coronta y granos) y brácteas, al finalizar el periodo vegetativo (Mendoza-Díaz *et al.*, 2012; Cui *et al.*, 2012).

Los pigmentos antocianínicos del maíz son de diferentes colores y son el resultado de un complejo de genes ubicados en diferentes cromosomas (Valle *et al.*, 2019; Sevilla y Valdez 1985). En la plántula, el pericarpio, coronta y brácteas del maíz existen una serie de alelos múltiples ubicados en el locus P y R que dan el color rojo, rojo punteado, rojo veteado y verde (Vásquez, 2012; Salhuana, 2004; Chávez-Servia *et al.*, 2003; Chiara *et al.*, 2015). Del mismo modo, el color del grano del maíz azul, como el de los valles altos de México, estaría controlado por varios genes

(Arellano *et al.*, 2003). Es explicable que la expresión final de los colores en la planta de maíz está influenciada por el medio ambiente y por la interacción entre el genotipo y el ambiente (Harrigan *et al.*, 2007; Jing *et al.*, 2007; Khampas *et al.*, 2015; Giordano *et al.*, 2018).

Por la importancia económica y nutracéutica del maíz morado existen muchos trabajos acerca del contenido y extracción de antocianinas y todos ellos se han orientado a determinar el contenido de antocianinas en el grano (pericarpio) y la coronta. Los resultados indican que la mayor concentración de antocianinas está en la coronta, cuyos valores son 10.86 mg 100g⁻¹ a 1516 mg 100 g⁻¹ (Almeida, 2012; Quispe *et al.*, 2011; Araujo, 1995; Gorriti *et al.*, 2009; Valle *et al.*, 2019). El contenido en el pericarpio es poco significativo y varía de 1.085 mg 100⁻¹ a 6.57 mg 100g⁻¹ (Cuevas *et al.*, 2011; Mendoza-Mendoza *et al.*, 2017; Otiniano, 2012; Hernández-Martínez, 2016; Salinas *et al.*, 2013; Salinas-Moreno *et al.*, 2012). Por otro lado, no se ha puesto atención al contenido de antocianinas en las brácteas de la mazorca, las cuales, según observaciones previas, podrían contener más antocianinas que el pericarpio.

En este contexto, el objetivo del presente estudio fue determinar el contenido (%) de antocianinas en la coronta y las brácteas de seis cultivares peruanos de maíz morado, cultivados en una zona de producción de este maíz de Cajamarca, Perú (distrito de Ichocan, provincia de San Marcos).

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar y condiciones ambientales del experimento

La experimentación se realizó en las localidades Montoya, Sunchupampa, Llollón, Poro porito, La Victoria y Llanupacha del distrito de Ichocan, Provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca, Perú, ubicado aproximadamente en latitud sur 7° 22' 06" y longitud oeste 78° 07' 58".

La temperatura osciló de 7,09 a 20,43 °C, siendo la mínima y la máxima en junio (2017). La precipitación pluvial varió de 7,8 a 226,4 mm (718,1 de precipitación acumulada), registrándose la máxima en marzo y la mínima en junio. La humedad relativa fluctuó entre 50% y 79%, siendo la mínima en junio y la máxima en febrero. (SENAMHI, 2017).

Tabla 1

Altitud y resultados del análisis físico - químico de los suelos de las parcelas experimentales de las localidades donde se ejecutaron los experimentos

| Lugar | Altitud (msnm) | Elementos | | | | Recomendación de fertilización (N, P, K) (kg ha ⁻¹) | Textura |
|-------------|----------------|-----------|---------|--------|----------|---|--------------------------|
| | | P (ppm) | K (ppm) | pH | M.O. (%) | | |
| Montoya | 2370 | 3,34 MB | 345 A | 7,3 Ne | 2,32 N | 110-65-40 | Franco-Arcilloso |
| Sunchupampa | 2495 | 1,42 MB | 345 A | 7,3 Ne | 2,35 A | 110-65-40 | Arcilloso |
| Llollón | 2770 | 29,33 N | 350 A | 7,4 Ne | 2,46 A | 110-40-40 | Franco-arcilloso |
| Poro porito | 2870 | 6,62 MB | 340 A | 7,2 Ne | 2,10 A | 110-60-40 | Franco-arcilloso arenoso |
| La Victoria | 2927 | 11,93 MB | 345 A | 7,3 Ne | 3,16 A | 100-55-40 | Franco |
| Llanupacha | 3140 | 17,65 MB | 340 A | 7,3 Ne | 1,88 N | 120-50-40 | Franco |

Fuente: INIA (2018).

A: Alto; MB: Muy bajo; N: Normal; Ne: Neutro (Andrades y Martínez, 2014).

2.2. Material genético usado, tratamientos y evaluaciones

Los cultivares de maíz morado evaluadas fueron: INIA - 601 (INIA negro Cajamarca), INIA 615 Negro Canaán, Canteño, PMV -581, Morado mejorado y UNC - 47. Se usó el diseño de bloques completamente canonizados (DBCR), con seis cultivares y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por ocho surcos de 11 plantas cada uno, de los cuales, se cosecharon cuatro surcos centrales. La siembra se realizó el 20 de diciembre del 2016 a distanciamientos de 0,80 m entre surcos y 0,50 m entre plantas. La fertilización se ejecutó de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio de suelos del INIA Baños del Inca (Tabla 1). Se abonó con 750 kg ha⁻¹ de guano de isla y 115 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio a la siembra.

Todas las labores agrícolas se realizaron conforme acostumbran los productores. La cosecha se efectuó cuando el grano tenía 16% de humedad aproximadamente. Luego, se secó el grano hasta 14% de humedad antes del almacenamiento.

2.3. Análisis del contenido de antocianinas en coronta y brácteas

De cada repetición y tratamiento (cultivar) se tomaron al azar dos mazorcas y se separó la coronta y las brácteas. Estas partes fueron cortadas y molidas, por separado, en molino doméstico. De este material se tomó una muestra de 0,30 g de coronta 0,40 g de brácteas.

Las muestras de corontas y brácteas fueron secadas en estufa a 35°C. Luego se usa un vaso de precipitación con el contenido de la muestra y un pequeño imán, se lleva a una cocina magnética, el imán girará dentro del vaso precipitador permitiendo de esa manera una mezcla homogénea

la cual se coloca a 300 revoluciones por minuto, la cocina que contiene el termómetro digital se coloca a una temperatura de 60 °C y se deja por 2 horas.

Las muestras homogéneas, por separado, se mezclaron con etanol al 20%, ajustado con ácido clorhídrico 2,0 N (85:15). El extracto obtenido se filtró a través de papel whatman N° 1. La extracción del pigmento se realizó mediante el método del pH diferencial modificado por Fuleki y Francis (1968). La purificación de la antocianina se realizó con metanol 0,01%, agua acidificada 0,01%, polivinil pirrolidono (PVPP), embudo y bomba al vacío. Las antocianinas muestran una transformación reversible con los cambios de pH, que se evidencia por un notable cambio en la absorbancia. La absorbancia fue leída en el espectrofotómetro (Shimadzu UV-VISIBLE, modelo UV-1603, Japón) cuya longitud de onda fue 2000. El cambio de la absorbancia fue de 535 nm. Constante = 982. (P_(g)) es el peso inicial de materia prima+hidroácido. El contenido de antocianina se expresó como cianidina-3- glucósido en porcentaje de acuerdo a la siguiente ecuación (Fuleki y Francis, 1968).

$$\% \text{ antocianina} = \frac{Abs(535) \times 2000}{982 \times P_{(g)}}$$

Los datos de laboratorio, registrados en porcentaje, fueron transformados a Arcoseno, con el propósito de que su distribución se aproxime a la curva normal. Con los datos transformados se realizó el análisis de varianza (ANOVA). Al haber significación estadística para las variedades, se realizó la comparación de medias entre las variedades, mediante la prueba de rango múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$). Estos análisis se realizaron con el software SAS (Statistical Analysis System) V9.4, para Windows versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Contenido de antocianinas en la coronta de seis cultivares de maíz morado peruano

En la tabla 2, de contenido de antocianinas en la coronta, se observa diferencias promedio entre los seis cultivares, las que fluctúan entre 4,59 a 6,38%. Así mismo, hay discrepancias entre los promedios de las localidades, que varía de 4,97 a 5,71%. El rendimiento medio de antocianinas es de 5,47%. Las diferencias en el contenido promedio de antocianinas entre localidades, así como las

diferencias de promedios de antocianinas existentes entre los cultivares, son debido al efecto de las localidades (ambientes), efecto de los cultivares y a la interacción entre las localidades por cultivares. Resultados que son concordantes con los reportes de Jing *et al.* (2007); Salinas, (2013); quienes manifiestan que la proporción relativa de las antocianinas puede modificarse por el efecto del genotipo y del ambiente.

Tabla 2

Contenido de antocianina (%) en la coronta de seis cultivares de maíz morado peruano

| N° | Cultivar | Localidades * | | | | | | Total | Promedio (%) |
|----------|-----------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1 | INIA 601 | 7,15 | 6,48 | 6,13 | 6,85 | 5,33 | 6,34 | 38,28 | 6,38 |
| 2 | Canteño | 3,69 | 4,52 | 5,20 | 3,75 | 4,90 | 5,75 | 27,63 | 4,61 |
| 3 | Morado Mejorado | 6,26 | 6,25 | 5,89 | 6,81 | 5,11 | 6,27 | 36,59 | 6,10 |
| 4 | UNC - 47 | 6,59 | 5,60 | 6,86 | 5,59 | 6,54 | 6,79 | 37,97 | 6,33 |
| 5 | INIA 615 | 2,05 | 4,70 | 5,41 | 6,69 | 4,30 | 5,48 | 28,63 | 4,77 |
| 6 | PMV - 581 | 4,07 | 4,13 | 5,16 | 4,54 | 3,94 | 5,70 | 27,54 | 4,59 |
| Total | | 29,81 | 31,68 | 34,65 | 34,23 | 30,12 | 36,33 | 196,82 | |
| Promedio | | 4,97 | 5,28 | 5,78 | 5,71 | 5,02 | 6,01 | 5,47 | |

*: 1: Montoya, 2: Sunchupampa, 3: Llollóm, 4: Poroporito, 5: La Victoria y 6: Llanupacha.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de antocianinas, en la coronta, entre los seis cultivares procedentes de las localidades (Tabla 2). El estadístico R^2 dice que el modelo lineal explica 46,93% de la variabilidad en el contenido de las antocianinas. El coeficiente de variación ($CV = 9,10\%$) fue bajo, lo cual confiere confiabilidad a los resultados.

La prueba de comparación múltiple Duncan ($p \leq 0,05$) mostró que el mayor contenido de antocianinas corresponde a los cultivares INIA 601, UNC 47 y Morado mejorado con valores superiores a 6 % de antocianinas. No existen diferencias estadísticas entre éstas (Figura 1) pero supera a los cultivares INIA 615, Canteño y PMV-581 cuyos valores son menores de 5%.

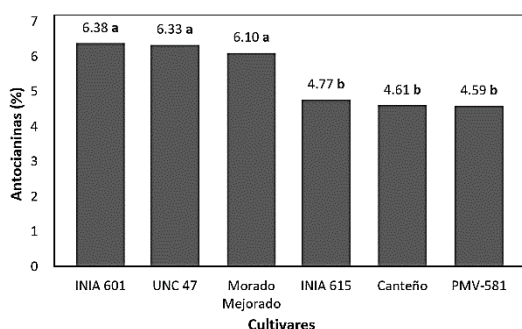


Figura 1. Contenido de antocianinas (%) en la coronta de seis cultivares de maíz morado proveniente de seis localidades.

Los contenidos de antocianinas encontrados son superiores a los reportados por Ccaccya *et al.* (2019) quienes hallaron variación en el contenido de antocianinas de corontas provenientes de variedades de Cajamarca, Cañete y Abancay, de 4,26%, 3,41% y 2,44 %, respetivamente. Así como a los obtenidos por Gorriti *et al.*, (2009), al evaluar el contenido de antocianinas en coronta de la variedad local del distrito La Joya (1644 msnm), Arequipa encontraron valores de 1,16% a 3,71% (11,567 mg g⁻¹ de coronta a 37,127 mg g⁻¹ de coronta). Quispe *et al.*, (2011) al cuantificar el contenido de antocianinas en coronta de las variedades Canta, PM-581 y La Joya, hallaron valores de 1,3%, 2,1% y 1,5% respectivamente. Los resultados obtenidos con los cultivares INIA 615, Canteño y PM-581 (Figura 1 y Tabla 2), que variaron de 4,59 a 4,77%, son superiores respecto

al contenido de antocianinas en grano, reportados por Cuevas *et al.* (2011) (0,19% a 0,72 %); Chiara *et al.* (2015) (0,84% a 2,13 %); Valle *et al.* (2019); (1,67% a 1,82 %); Salinas *et al.* (2013) (0,73%); Lao *et al.* (2017) (0,68%); Álvarez *et al.* (2013) (4,1%); Vélez *et al.* (2008) (1,73% a 1,87%).

Los resultados de los seis cultivares evaluadas, son inferiores a los obtenidos por Valle *et al.* (2019) que alcanzaron valores de 6,9% a 7,4% de antocianinas en corontas de la variedad local del distrito de Santiago, provincia de Ica, a los de Aguilar *et al.* (2019), quienes lograron valores, en coronta de 967,9 mg g⁻¹ (9,679%) procedentes de progenies de cruza fraternales de la raza kculli en dos ambientes de Jalisco, México. Cabe destacar que, si bien la pigmentación está bajo control de un grupo de genes, que impulsa la acumulación de antocianinas en grano, corontas, tallos, vainas, hojas e inflorescencias como lo reportan Salhuana (2004), Arellano *et al.* (2003) y Vásquez (2012); la variación del contenido de antocianinas entre los cultivares estudiados (Tabla 2) probablemente se explica por la interacción genética con el medio ambiente (incluyendo el manejo). Chalker-Scot (1999), Biesiada y Tomczak (2012), Torres-Escamilla *et al.* (2019), Jing (2007), Giordano *et al.* (2018) y Martínez-Martínez *et al.* (2019) manifiestan que el contenido de antocianinas en el maíz, es afectado por factores tales como variedad (genotipos), partes de la planta, periodo vegetativo, manejo del cultivo, tipos de suelo, fluctuaciones de temperatura, intensidad de luz, disponibilidad de agua, presión atmosférica, acidez, disponibilidad de nutrientes en el suelo, y la interacción entre éstos con la variedad.

3.2. Contenido de antocianinas (%) en las brácteas de seis cultivares de maíz morado procedente de seis localidades

Los resultados de la investigación mostraron que los cultivares de maíz morado contenían cantidades variables de antocianinas (%) en las seis repeticiones (Tabla 3). El valor mínimo es de 0,17% y el máximo 2,94% para las variedades evaluadas. Respecto a los promedios entre localidades, el contenido de antocianinas varió de 0,76 % a 1,79%.

En el análisis de varianza se determinó que existe diferencia significativa ($p \leq 0,01$) entre cultivares para la variable contenido de antocianinas en brácteas.

Tabla 3

Contenido de antocianinas en brácteas (en %) de seis cultivares de maíz morado peruano

| N° | Cultivares | Localidades | | | | | | Total | Promedio (%) |
|----------|-----------------|-------------|-------|-------|------|------|------|-------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1 | INIA 601 | 3,87 | 2,98 | 2,87 | 2,66 | 2,92 | 2,33 | 17,63 | 2,94 |
| 2 | Canteño | 0,19 | 0,17 | 0,12 | 0,15 | 0,11 | 0,17 | 0,91 | 0,15 |
| 3 | Morado Mejorado | 2,00 | 3,48 | 3,61 | 0,95 | 0,87 | 1,12 | 12,03 | 2,01 |
| 4 | UNC - 47 | 2,87 | 2,98 | 3,29 | 0,49 | 2,48 | 2,28 | 14,39 | 2,40 |
| 5 | INIA 615 | 0,15 | 0,98 | 0,11 | 0,19 | 0,19 | 0,36 | 1,98 | 0,33 |
| 6 | PM - 581 | 0,20 | 0,13 | 0,20 | 0,13 | 0,11 | 0,27 | 1,04 | 0,17 |
| Total | | 9,28 | 10,72 | 10,20 | 4,57 | 6,68 | 6,53 | 47,98 | 8,00 |
| Promedio | | 1,55 | 1,79 | 1,70 | 0,76 | 1,11 | 1,09 | 1,33 | |

Esto sugiere que hay diferencias reales en el contenido de antocianinas entre los seis cultivares de maíz morado evaluados en seis ambientes. El coeficiente de determinación $R^2 = 0,8294$, revela que el 82,94% del contenido de antocianinas en las brácteas se deben al efecto de los cultivares.

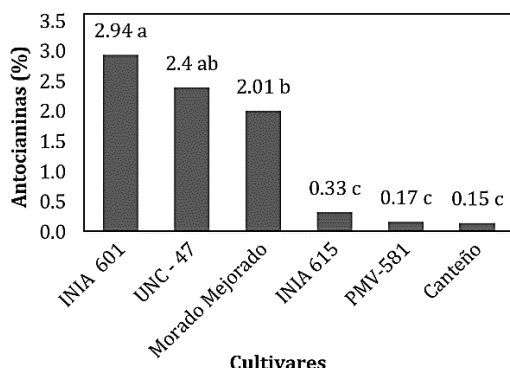


Figura 2. Contenido de antocianinas (%) en la coronta de seis cultivares de maíz morado en seis ambientes.

La prueba de rango múltiple de Duncan para $p < 0,05$ (Figura 2) determina los mejores cultivares para esta característica.

El cultivar INIA 601 logra el 2,94 % de antocianinas, el segundo lugar lo ocupa el cultivar UNC 47 con 2,40%, no existe diferencias estadísticas entre estos dos cultivares; el cultivar Maíz morado mejorado con el 2,01% no difiere estadísticamente con el cultivar UNC 47; pero éstos superan estadísticamente a los cultivares INIA 615, PM-581 y Canteño con valores que fluctúan entre 0,15 a 0,33% respectivamente.

No se ha encontrado reportes acerca del contenido de antocianinas en brácteas; sin embargo, los valores encontrados son superiores a los hallados en el pericarpio según reportes de Mendoza-Mendoza *et al.*, (2017) (0,0853 g 100 g⁻¹ en grano, 0,85%), De la Parra *et al.* (2007) (39,1 mg ECG/kg de MS, 0,39%), Espinosa-Trujillo *et al.* (2009) (promedio de 47,8 mg 1000 granos⁻¹, 0,478%), Martínez-Martínez *et al.* (2019) (21,98 a 25,93 mg 100 g⁻¹, 0,2198 a 0,2593%) y Sotomayor (2013) (2,25%).

CONCLUSIONES

Se probaron seis variedades de maíz morado peruano en su contenido de antocianinas en la coronta y las brácteas. Se reporta por primera vez, el contenido de antocianinas en brácteas de maíz morado, el cual es superior a los contenidos en pericarpio, reportados en la literatura. Dos de los

cultivares probados tuvieron concentraciones de antocianinas sobresalientes, en coronta y brácteas. La concentración de antocianinas en la coronta destacó el cultivar INIA 601 con 6,38% y UNAC 47 con 6,33%. En las brácteas varió de 2,40% para UNC 47 y 2,94 % para INIA 601.

AGRADECIMIENTOS

Al Director de la Estación Experimental Baños del Inca, Cajamarca, al Programa de Maíz de dicha Institución por el valioso apoyo para la conducción de los experimentos y a los agricultores de Ichocan, San Marcos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación; el maíz en Cuba. *Cultivos Tropicales* 30(2): 113-120.
- Aguilar, H.A.; Salinas, D.Y.; Ramírez, J.L.; De la Torre, I.A.; Bautista, E.; Flores, H.E. 2019. Antocianinas y color en grano y olote de maíz morado peruano cultivado en Jalisco, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(5): 1071-1082.
- Álvarez, M.; Bolívar-Fernández, N.J.; Garma-Quen, P.M. 2013. Actividad antioxidante de cinco variedades de maíz cultivadas en Campeche, México. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat* 12(6): 558-571.
- Almeida, J. 2012. Extracción y caracterización del colorante natural del maíz negro (*Zea mays* L.) y determinación de su actividad antioxidante (en línea). Tesis para optar el título de Ing. Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Andrades, M.; Martínez, E. 2014. Fertilidad del Suelo y parámetros que la definen. 3ra ed. Iberus. Universidad de la Rioja.
- Araujo, J. 1995. Estudio del colorante de maíz morado (*Zea mays* L.) con el uso de enzimas. Tesis para optar el título de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Arellano, V.J.L.; Tut Couoh, C.; Ramírez, A.M.; Salinas, Y.; Taboada G. 2003. Maíz azul de los Valles Altos de México. I: Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. *Rev. Fitotec. Mex.* 26: 101-107.
- Biesiada, A.; Tomczak, A. 2012. Biotic and abiotic factors affecting the content of the chosen antioxidant compounds in vegetables. *Vegetable and Crops Research Bulletin* 76(1): 55-78.
- Caccya, A.M.; Soberón, M.; Arnao, I. 2019. Estudio comparativo del contenido de compuestos bioactivos y cianidina-3-glucósido del maíz morado (*Zea mays* L.) de tres regiones del Perú. *Rev Soc Quím Perú.* 85(2): 206-215.
- Cui, L.; Rongqi, G.; Shuting, D.; Zhang, J.; Peng, L.; Zhang, H.; Meng, J.; Shi, D. 2012. Effects of ear shading on the anthocyanin contents and quality of kernels in various genotypes of maize. *Aust. J. Crop Sci.* 4: 704-710.
- Cuevas, E.; Hillebrand, S.; Antezana, A.; Winterhalter, P. 2011. Soluble and bound phenolic compounds in different Bolivian purple corn (*Zea mays* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 7068-7074.
- Chávez-Servia, J.I.; Sevilla-Panizo, R. 2003. Fundamentos genéticos y socio económicos para analizar la agrobiodiversidad en la Región Ucayali, Perú. *Biodiversity International*. 93 pp.
- Chiara, L.; Landoni, M.; Cassani, E.; Cantaluppi, E.D.; Nielsen, E.; Giorgi, A.; Pilu, R. 2015. Study and Characterization of an Ancient European Flint White Maize Rich in Anthocyanins: Millo Corvo from Galicia. *Plos One* 10(5): e0126521.
- Chalker-Scott, L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochem. Photobiol.* 70: 1-9.
- De la Parra, C.; Serna, S.; Hai, R.L. 2007. Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production masa, tortillas, and tortilla chips. *J. Agric. Food Chem.* 55: 4177-4183.

- Espinosa-Trujillo, E.; Mendoza-Castillo, M.; Castillo-González, F.; Ortiz-Cereceres, J.; Delgado-Alvarado, A.; Carrillo-Salazar, A. 2009. Acumulación de antocianinas en 230 pericarpio y aleurona del grano y sus efectos genéticos en poblaciones criollas de maíz pigmentado. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32: 303-309.
- Fuleki, Tibor; Francis, F.J. 1968. Quantitative methods for anthocyanins: 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. *Journal of food science* 33: 78-83.
- Giordano, D.; Beta, T.; Vanara, F.; Blandino, M. 2018. Influence of agricultural management on phytochemicals of colored corn genotypes (*Zea mays* L.) Part I: Nitrogen fertilization. *J. Agric. Food Chem.* 66: 4300-4308.
- Gorriti, A.G.; Quispe, J.F.; Arroyo, A.J.F.; Córdova, R.A.; Jurado, T.B.; Santiago, A.I.; Taype, E.E. 2009. Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. "Maíz Morado". *Ciencia e Investigación* 12(2): 64-74.
- Grobman, A.; Bonavia, D.; Dillehay, T.; Piperno, D.; Iriarte, J.; Holst, A. 2012. Pre-ceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Perú. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA.* 109(5): 1755-1759.
- Grobman, A.; Salhuana, W.; Sevilla, R. 1961. Race of maize in Perú. *Nat Academy of Science. Nat Research Council. Pub n.º 915.* Washington D. C., USA: Nat Academy of Science.
- Harrigan, G.G.; Stork, L.G.; Riordan, S.G.; Reynolds, T.L.; Ridley, W.P.; Masucci J.D.; Macisaac, S.; Steven, C.H.; Orth, R.; Smith, R.G.; Wen, L.; Brown, W.E.; Welsch, M.; Riley, R.; McFarland, D.; Pandravada, A.; Glenn, K.C. 2007. Impact of genetics and environment on nutritional and metabolite components of maize grain. *J. Agric. Food Chem.* 55: 6177-6185.
- Hernández-Martínez, V.; Salinas-Moreno, Y.; Ramírez-Díaz, J.L.; Vázquez-Carrillo, G.; Domínguez-López, A.; Ramírez, A. G. 2016. Color, phenolic composition and antioxidant activity of blue tortillas from Mexican maize races. *CYTA - Journal of Food* 14(3): 473-481.
- INIA. 2018. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Baños del Inca, Cajamarca. Laboratorio de Suelos.
- Jing, P.; Noriega, V.; Schwartz, S.S.; Giusti, M.M. 2007. Effects of growing conditions on purple corn cob (*Zea mays* L.) anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 55: 8625-8629.
- Khampas, S.; Lertrat, K.; Lomthaisong, K.; Simla, S.; Suriharn, B. 2015. Effect of location, genotype and their interactions for anthocyanins and antioxidant activities of purple waxy corn cobs. *Turk. J. Field Crops* 20: 15-23.
- Lao, F.; Sigurdson, G.; Giusti, M. 2017. Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. In: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16(2): 234-246.
- Leiva, G.S. 2016. *Zea mays* L. "maíz morado" (Poaceae), un cereal utilizado como alimento en el Perú prehispánico. *Arnaldoa* 23(1):295-316.
- Martínez-Martínez, R.; Vera-Guzmán, A.; Chávez-Servia, J.L.; Aquino, B.E.N.; Carrillo-Rodríguez, J.C.; Pérez-Herrera, A. 2019. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante en poblaciones nativas de maíz pigmentado. *Interciencia* 44(9): 549-556.
- Mendoza-Mendoza, G.; Mendoza-Castillo, C.; Delgado, A.; Castillo-González, F.; Kato-Yamakake, T.; Cruz, S. 2017. Total anthocyanins and color parameters in purple corn inbred lines. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40(4): 471-479.
- Mendoza-Díaz, S.; Ortíz-Valerio, M.C.; Castaño-Tostado, E.; Figueroa-Cárdenas, J.D.; Reynoso-Camacho, R.; Ramos, M.; Campos-Vega, R.; Loarca-Piña, G.G. 2012. Antioxidant capacity and antimutagenic activity of anthocyanin and carotenoid extracts from nixtamalized pigmented creole maize races (*Zea mays* L.). *Plant Food Hum. Nutr.* 67: 442-449.
- MINAGRI. 2017. Ministerio de Agricultura y Riego. Maíz morado. SENASA. Boletín Edición 9-2016.
- Otiniano, R. 2012. Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (Tesis de grado). Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.
- Quispe, F.; Arroyo, K.; Gorriti, A. 2011. Morphological and chemistry characteristics from three cultivars of purple corn (*Zea mays* L.) *Revista de la Sociedad Química del Perú* 77(3): 205-217.
- Salhuana, W. 2004. Diversidad y Descripción de las Razas de Maíz en el Perú. 2004. Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM) 1953-2003. Editado por Wilfredo Salhuana, Américo Valdez, Federico Scheuch y José Davelouis. UNALM. Lima-Perú. 537 pp.
- SENAMHI. 2017. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Cajamarca, Perú.
- Sevilla, R.; Valdez, A. 1985. Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado. Fondo de Promoción y Exportación (FOPEX). Lima, Perú. 46 pp.
- Salinas-Moreno, Y.; Pérez-Alonso, J.; Vázquez-Carrillo, G.; Aragón-Cuevas, F.; Velázquez-Cardenas, G. 2012. Antocianinas y actividad antioxidante en maíces (*Zea mays* L.) de las razas chalqueño, elotes cónicos y bolita. *Agrociencia* 46: 693-706.
- Salinas, M.; Aragón Cuevas, F.; Ybarra Moncada, C. 2013. Caracterización Física y Composición Química de Razas de Maíz de Grano Azul/morado de las Regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(1): 23-31.
- SAS. 2002. SAS/STAT User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 5136 pp.
- Sotomayor, R. 2013. Extracción y cuantificación de antocianinas a partir de los granos de *Zea mays* L. (maíz morado). *Ciencia y Desarrollo* 16(1): 69-74.
- Torres-Escamilla, F.; Chavez-Servia, J.L.; Diego-Flores, D. y Carrillo-Rodríguez, J.C. 2019. Variabilidad agromorfológica entre poblaciones de maíz azul y rojo de la mixteca Oaxaqueña, México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Exhacienda Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.
- Valle, C.M.; Ceccarelli, G.J.; Anchante, L. D.; Yarasca, C. E.; Loyola, G.E.; Surco-Laos, F. 2019. Análisis proximal y cuantificación de antocianinas totales en *Zea mays* variedad morada sometido a diferentes procesos de secado. *Rev Soc Quím Perú.* 85(1): 109-115.
- Vásquez, A.V. 2012. Genética. Edita CONCYTEC. Cajamarca, Perú.
- Vélez, U.P.; Villanueva, J.T.C.; Leandro, L. 2008. Cuantificación de Antocianinas en el Maíz Morado (*Zea mays* L.), tratados con ultrasonido. Fenómenos de Transferencia. *Revista Internacional de Investigación* 3(1): 68-73.