



Efecto de fuentes orgánicas en el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo, en Lima, Perú

Effect of organic sources on yield and anthocyanin content in purple corn (*Zea mays* L.) under drip irrigation in Lima, Peru

C. Andrade¹ 



<https://doi.org/10.51431/par.v4i1.757>

Resumen

Objetivos: Determinar el efecto de abonos orgánicos en el rendimiento y contenido de antocianinas de maíz morado bajo riego por goteo en Lima, Perú. **Metodología:** El ensayo agronómico se realizó en La Molina, Lima, Perú. Se usó el diseño de bloques completo al azar con siete tratamientos de fuentes orgánicas las cuales fueron T₁: 10 t ha⁻¹ de humus de lombriz, T₂: 10 t ha⁻¹ humus de lombriz + 1 t ha⁻¹ de sustancia húmica, T₃: 1 t ha⁻¹ sustancia húmica, T₄: 10 t ha⁻¹ de compost, T₅: 10 t ha⁻¹ compost + 1 t ha⁻¹ de sustancia húmica, T₆: N-P-K, T₇: Testigo, para la comparación de medias se utilizó la prueba Duncan ($\alpha=0,05$). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, altura de mazorca, número de mazorcas, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, rendimiento de mazorca y contenido de antocianinas. **Resultados:** Los resultados muestran que los mayores rendimientos en mazorca se encontraron con la sustancia húmica (5,9 t ha⁻¹) y la fertilización inorgánica (5,7 t ha⁻¹), por otro lado, las mayores alturas de planta y mazorca principal fueron con el abonamiento mineral (2,5 m; 1,7 m) humus de lombriz (2,26 m; 1,55 m) y el compost añadido con la sustancia húmica (2,24 m; 1,63 m) además, se observó mayor longitud, diámetro y número de mazorca con la sustancia húmica. Se evidenció mayor contenido de antocianinas usando la combinación de compost y la sustancia húmica del mismo modo que al usar fertilizantes convencionales. **Conclusiones:** Los abonos orgánicos aplicados en forma individual o mezclados elevaron el rendimiento de mazorca en 65,3% y el contenido de antocianinas en (52%) respecto al testigo.

Palabras clave: Antocianinas, compost, humus de lombriz, sustancia húmica

Abstract

Objectives: To determine the effect of organic fertilizers on yield and anthocyanin content of purple corn under drip irrigation in Lima, Peru. **Methodology:** The agronomic trial was conducted in La Molina, Lima, Peru. A randomized complete block design was used with seven treatments of organic sources which were T₁: 10 t ha⁻¹ of worm humus, T₂: 10 t ha⁻¹ worm humus + 1 t ha⁻¹ of humic substance, T₃: 1 t ha⁻¹ humic substance, T₄: 10 t ha⁻¹ of compost, T₅: 10 t ha⁻¹ compost + 1 t ha⁻¹ of humic substance, T₆: N-P-K, T₇: Control the Duncan test ($\alpha=0.05$) was used for the comparison of means. The variables evaluated were: plant height, ear height, number of ears, ear length, ear diameter, ear yield and anthocyanin content. **Results:** The results show that the highest ear yields were found with the humic substance (5.9 t ha⁻¹) and inorganic fertilization (5.7 t ha⁻¹), on the other hand the highest plant height and main ear were with mineral fertilization (2.5 m, 1.7 m), worm humus (2.26 m, 1.55 m) and compost added with the humic substance (2.24 m, 1.63 m), in addition, greater length, diameter and number of cob with the humic substance were observed. Higher anthocyanin content was evidenced using the combination of compost and humic substance in the same way as when using conventional fertilizers. **Conclusions:** The organic fertilizers applied individually or mixed increased ear yield by 65.3% and anthocyanin content by (52%) with respect to the control.

Keywords: Anthocyanins, compost, worm humus, humic substance

¹Departamento de Agronomía, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Lima, Perú.

*Autor para correspondencia: candrade@unjfsc.edu.pe

Introducción

En la actualidad la producción de maíz morado es de mucha importancia económica debido a que este producto es considerado *superfood*, nutraceutico y no sólo se destina al mercado nacional sino también al internacional, el Perú por su posición privilegiada que le permite contar con zonas cuyas condiciones ambientales son óptimas para la producción de este cultivo, presenta ventaja comparativa y competitiva, por ello tiene un amplio potencial de desarrollo e incluso cuenta con un excelente control de calidad y estandarización de procesos (Aguilar-Hernández et al., 2019; Guillén-Sánchez et al., 2014; Gullón et al., 2020; Rabanal-Atalaya & Medina-Hoyos, 2021a).

A nivel mundial el maíz morado es altamente considerado por su concentración de principios activos principalmente las antocianinas, esta sustancia es de importancia en la industria farmacéutica, alimentaria, cosmética también en la elaboración de productos con valor agregado para el consumo humano además, para reemplazar a los colorantes sintéticos debido a su naturaleza química e inocuidad y teniendo en cuenta las nuevas tendencias por parte de los consumidores hacia los productos naturales, antioxidantes, anticancerígenos; la investigación en este cultivo es necesaria debido a que es potencialmente exportable y apreciable para países cuya cultura se está orientando al consumo de productos naturales (Ferrón et al., 2020; Flores-Cortez et al., 2018; Mansilla et al., 2020; Monroy et al., 2020; Zhang et al., 2019).

El incremento de la demanda del maíz morado ha motivado que aumente la superficie cosechada, teniendo mayor crecimiento entre el año 2016 y 2020 que representa 36,56% en estos cuatro años, sin embargo, el rendimiento ha experimentado una disminución acumulada del -5,85% entre los años 2016 y 2020 pasando de 5,6 a 5,3 t ha⁻¹. Entre las causas del bajo rendimiento están las variedades con baja productividad y deficientes en cuanto a la producción de mazorcas con calidad exportable además, el costo de producción es alto lo cual, no permite ser competitivo el rendimiento y contenido de antocianina depende principalmente de la variedad, calidad de semilla, dosis de

fertilización química y enmiendas orgánicas utilizadas (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019; Pesantes et al., 2021; Rabanal-Atalaya & Medina-Hoyos, 2021b; Ministerio del Ambiente, 2018).

Los productores en su mayoría aplican fertilizantes en forma indiscriminada sin previo análisis químico de suelo ocasionando sistemas locales de producción altamente vulnerables a factores bióticos y abióticos adversos, lo cual se traduce finalmente en cosechas de baja calidad comercial con bajo contenido de antocianinas en la tusa y grano (Altamirano, 2019). Por otro lado, la creciente contaminación ambiental busca utilizar nuevas tecnologías que busquen procesos transparentes y sostenibles sumado a los excelentes beneficios que brinda la materia orgánica a la ecología del suelo, han dado lugar a que los abonos orgánicos recobren importancia y presenten una alternativa para mejorar la producción permitiendo obtener productos de excelente calidad para satisfacer las exigencias del mercado nacional e internacional (Farfán & Perales, 2021; Nolasco, 2021; Mandujano, 2017). El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de abonos orgánicos en el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado bajo riego por goteo en Lima, Perú.

Metodología

El experimento se desarrolló en el taller de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina en Lima, localizado entre los 12°05' 06" S y los 76°57'57" O a una altitud de 255 m s. n. m., las condiciones climáticas promedio fueron de 20.7°C a 29°C de temperatura mínima y máxima.

El material vegetal utilizado fue el híbrido maíz morado PMV 582, los tratamientos se ordenaron en un diseño de bloques completamente al azar con siete tratamientos y tres bloques, los tratamientos fueron: T₁=10 t ha⁻¹ de humus de lombriz, T₂=10 t ha⁻¹ humus de lombriz + 1 t ha⁻¹ de Ekotron (Sustancia Húmica), T₃=1 t ha⁻¹ Ekotron, T₄: 10 t ha⁻¹ de compost, T₅= 10 t ha⁻¹ compost + 1 t ha⁻¹ de Ekotron, T₆: N-P-K (200-200-200), T₇: Testigo.

La aplicación de abonos orgánicos se incorporó antes de la siembra en bandas a 10

cm de profundidad el compost y el humus a una dosis de 10 t ha⁻¹, después de 2 semanas a la siembra se aplicó el Ekotron en los tratamientos T₂, T₃, T₅, a una cantidad de 1 t ha⁻¹ entre golpes a unos 5 cm de profundidad.

Para las evaluaciones se tomaron 10 plantas al azar en los dos surcos centrales de cada unidad experimental descartando las plantas ubicadas en los extremos del surco excepto para el rendimiento. El ensayo se realizó en cuatro surcos de 15 m de largo, 80 cm de ancho, 50 cm de distanciamiento entre plantas. Las variables a evaluar fueron altura de planta y de mazorca expresado en metros, número de mazorcas por planta, longitud y diámetro de la mazorca expresado en centímetros y rendimiento de grano en t ha⁻¹ al 14 % de humedad ajustado a la formula Chura & Tejada (2014).

$$RGC = PC \times \frac{(100 - \% H)}{86} \times \frac{(10 \times D)}{AEP}$$

Donde: RGC es el rendimiento de granos, PC es el peso de campo (100 – % H) es el coeficiente de porcentaje de materia seca, 86 es el coeficiente de corrección de humedad al 14% (10/AEP), es el factor de corrección para transformar kg parcela en t ha⁻¹, AEP es el área efectiva de la parcela y D es el porcentaje de desgrane.

Para la determinación de la intensidad de

color de la coronta se procedió a molerlas luego se realizó el protocolo de la absorbancia en la coronta del maíz morado (Jing & Giusti, 2007; Gorriti et al., 2009). Los datos obtenidos de cada una de las variables evaluadas, se procesaron a través de Microsoft Excel y el programa Statistical Analysis System (SAS) y para la comparación de medias se empleó la prueba de Duncan ($\alpha=0,05$).

Resultados

Con respecto a los parámetros biométricos en la Tabla 1, se muestra que la mayor altura de planta y altura de mazorca principal fue con el T₆ (N-P-K) seguido del T₅ (compost + Ekotron), el promedio de altura de planta de 2,18 m, la altura promedio de inserción de la mazorca principal fue de 1,5 m. Se observa un nivel de significación de 0,05 para las variables rendimiento de coronta, rendimiento de mazorca, y alta significación para la variable longitud de mazorca, no habiendo significación para las variables número de mazorcas por planta y diámetro de mazorca, el T₃ (Ekotron) supera al resto de los tratamientos en rendimiento de coronta, mazorca, número de mazorcas por planta, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, el rendimiento promedio de coronta 0,49 t ha⁻¹, el de mazorca fue de 5,03 t ha⁻¹, el promedio del número de mazorcas por planta fue de 1,51; el diámetro de mazorca 4,6 cm y de la longitud de mazorca fue de 15,6 cm.

Tabla 1

Componentes de rendimiento y características biométricas del maíz morado según tratamientos

Tratamiento	Rendimiento coronta (k ha ⁻¹)	Rendimiento mazorca (t ha ⁻¹)	Mazorcas planta (n)	Diámetro mazorca (cm)	Longitud mazorca (cm)	Altura planta (m)	Altura mazorca principal (m)	Intensidad color coronta
T ₁ (Humus)	360,0 ^{bc}	5,03 ^{bc}	1,60 ^a	4,72 ^{ab}	15,90 ^b	2,26 ^{ab}	1,55 ^{bc}	85,5 ^a
T ₂ (Humus+Ekotron)	600,0 ^{abc}	5,37 ^{abc}	1,50 ^a	4,50 ^{ab}	15,10 ^b	2,13 ^b	1,40 ^{bc}	82,1 ^b
T ₃ (Ekotron)	700,0 ^a	5,90 ^a	1,70 ^a	4,91 ^a	17,60 ^b	2,16 ^b	1,45 ^b	80,3 ^b
T ₄ (Compost)	360,0 ^c	4,89 ^c	1,43 ^a	4,71 ^{ab}	15,60 ^b	2,21 ^b	1,50 ^{bc}	75,2 ^c
T ₅ (Compost+Ekotron)	550,0 ^{abc}	5,26 ^{abc}	1,50 ^a	4,66 ^{ab}	14,90 ^b	2,24 ^{ab}	1,63 ^a	73,2 ^c
T ₆ (N-P-K)	580,0 ^{ab}	5,68 ^{ab}	1,50 ^a	4,50 ^b	15,50 ^a	2,50 ^a	1,70 ^a	70,2 ^c
T ₇ (Testigo)	309,4 ^d	3,20 ^d	1,30 ^a	4,20 ^b	14,60 ^b	1,80 ^c	1,31 ^c	50,3 ^d
Promedio	494,2	5,50	1,51	4,60	15,60	2,18	1,50	73,8
CV (%)	9,5	6,25	16,93	3,80	3,73	4,88	5,10	6,8

CV (%): coeficiente de variación.

a,b,c,d Medias con letras distintas por fila indican diferencia estadística ($P<0,05$).

Discusión

Con respecto a la variable altura de planta se observa que en la Tabla 1, el T_1 (humus de lombriz) fue de 2,3 m siendo superior significativamente a los demás tratamientos, resultados similares se encontró en Chachapoyas con Chichipe & Oliva (2017) alcanzando 2,35 m de altura de planta utilizando compost y humus de lombriz por otro lado, Nolasco (2021) y Mandujano (2017) informaron que usando compost con la variedad maíz morado PMV-581 llegaron a una altura de 1,87 m, y 1,53 m respectivamente en cambio, Durand (2019) encontró promedios de altura de 1,25 m usando compost y humus de lombriz.

En relación con el rendimiento de mazorca la Tabla 1, muestra que con la sustancia húmica Ekotron se obtuvo un mayor rendimiento ($5,9 \text{ t ha}^{-1}$) sin embargo, todos los tratamientos superan al testigo en forma altamente significativa. Al respecto, Nolasco (2021) menciona que aplicando compost se obtienen rendimientos hasta de $7,7 \text{ t ha}^{-1}$ con la dosis 5 t ha^{-1} asimismo, Chichipe & Oliva (2017) concluyeron que los abonos orgánicos si influyen en la producción de maíz con $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ compost y 1 t ha^{-1} con humus de lombriz, las respuestas en rendimiento concuerdan también, con Girón & Llallahui (2018) y Mandujano (2017) con rendimientos de $6,4 \text{ t ha}^{-1}$ con compost y microorganismos eficientes y $7,2 \text{ t ha}^{-1}$ con compost + guano de isla respectivamente en cambio, Guerrero (2020) y Durand (2019) mencionan que al realizar mezclas de fertilización inorgánica con enmiendas orgánicas alcanzaron rendimientos de 10 t ha^{-1} y $15,41 \text{ t ha}^{-1}$ respectivamente probablemente, estos resultados están influenciados por la variedad, tipo de suelo, % de materia orgánica del suelo, manejo agronómico de cultivo, etc. (Medina-Hoyos et al., 2020).

Se observa en la Tabla 1, el T_3 (Ekotron) es altamente significativo con respecto a los demás tratamientos con 17,6 cm siendo el mayor tamaño de mazorca, no se encontraron diferencias significativas entre los demás tratamientos, los datos coinciden parcialmente con Piña (2018) y Mandujano (2017) quienes lograron con el compost un tamaño de mazorca de 19,99 cm y 18,80 cm respectivamente, además, Durand

(2019) alcanzo tamaños de 24,33 cm y 23,9 cm en mazorcas usando compost y gallinaza más compost, sin embargo, Chichipe & Oliva (2017) mencionaron tamaños inferiores con compost y humus de lombriz (13 cm), probablemente los resultados varían por las condiciones climáticas, variedad y el manejo del cultivo (Rabanal-Atalaya & Medina-Hoyos, 2021a).

La Tabla 1, muestra que el mayor diámetro de mazorca se obtuvo con el T_3 (Ekotron) con 4,91cm, todos los tratamientos se diferencian estadísticamente del testigo, estos resultados se asemejan a lo encontrado por Nolasco (2021) y Pinedo et al. (2017) obteniendo diámetro de mazorca 5,03 cm y 4,79 cm respectivamente usando compost; además Chichipe & Oliva (2017) y Girón & Llallahui (2018) alcanzaron mayores diámetros de mazorca 5,3 cm y 5,44 cm usando compost y humus de lombriz respectivamente, Guerrero (2020) también reportó datos estadísticamente superiores con respecto al testigo usando fertilización nitrogenada más ácidos húmicos.

Según la Tabla 1, no existen diferencias significativas para los tratamientos en estudio para la variable número de mazorcas por planta teniendo como promedio 1,51 al respecto, Chichipe & Oliva (2017) lograron 1,21 y 1,19 unidades de mazorca con humus de lombriz y compost respectivamente, asimismo, Durand (2019) informo datos de 1,53 y 1,68 mazorcas con compost y gallinaza más compost.

Intensidad de color de la coronta: Podemos apreciar en la Tabla 1, que existen diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a esta variable la prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) indico que la mayor intensidad de color se alcanzó con el T_6 (N-P-K) seguido de las mezclas del T_5 (compost + sustancia húmica) y el T_2 (humus + sustancia húmica), tenemos reportes acerca del contenido de antocianinas por ejemplo Briceño et al. (2020) alcanzo promedios de 88,71 mg de contenido de antocianinas bajo riego por goteo en cultivares de maíz morado asimismo, Pinedo et al. (2017) puntualiza que el valor más alto de contenido de antocianinas fue con (120-110-80) equivalente a 2,21 de cianidina-3-glucósido en mg/100g; también Farfán & Perales (2021) indicó que la mayor cuantificación de antocianina se

obtuvo con el compost con 1,24 mg/2g. Además, Rabanal-Atalaya & Medina-Hoyos (2021a), Valera (2019), Piña (2018) en trabajos similares evaluaron y reportaron mayores contenidos de antocianinas en corontas valores que superan a los resultados obtenidos; asimismo, Aguilar-Hernández et al., (2019) y Altamirano (2019) reportan contenidos diferentes de antocianina probablemente como resultado de la interacción genotipo medio ambiente lo cual, determinaría dicha característica además, el contenido de antocianinas no se ve alterado por la fórmula de abonamiento NPK.

Conclusiones

Se puede concluir que los abonos orgánicos aplicados en forma individual o mezclas elevaron el rendimiento de mazorca en 65,3% y el contenido de antocianinas en 52%, respecto al testigo.

Referencias

- Aguilar-Hernández, A., Salinas Moreno, Y., Ramírez-Díaz, J., Alemán - de la Torre, I., Bautista-Ramírez, E., & Flores-López, H. (2019). Antocianinas y color en grano y olote de maíz morado peruano cultivado en Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1071-1082. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1828>
- Altamirano, F. (2019). *Efecto de la fertilización química en la concentración de antocianinas en tres variedades de maíz morado en el distrito Baños de Inca Región Cajamarca, 2018* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3032>
- Briceño, H., Álvarez, L., & Valverde, A. (2020). Efecto del riego por goteo en el rendimiento y contenido de antocianinas en cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.). *Revista de investigación científica*, 17(3), 221-226. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.032>
- Chichipe, A., & Oliva, M. (2017). Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en Quipachacha, distrito Levanto, Chachapoyas – Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 1(3), 44-52. <https://doi.org/10.25127/aps.20173.373>
- Chura, J., & Tejada, J. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *Idesia(Arica)*, 32(1), 113-118. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100014>
- Durand, R. (2019). *Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en condiciones agroecológicas en el distrito de Panao, 2019*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4692>
- Farfán, H., & Perales, A. (2021). Efecto de la fertilización orgánica mineral sobre la producción de maíz morado (*Zea mays* L.). *Revista siglo XXI*, 1(1), 97-106. <https://revistas.unh.edu.pe/index.php/rcsxxi/article/view/27>
- Ferrón, L., Colombo, R., Mannucci, B., & Papetti, A. (2020). A New Italian Purple Corn Variety (Moradyn) Byproduct Extract: Antiglycative and Hypoglycemic In Vitro Activities and Preliminary Bioaccessibility Studies. *Molecules*, 25(8), 1-21. <https://doi.org/10.3390/molecules25081958>
- Flores-Cortez, D., Villalobos-Pacheco, E., Rojo-Mejía, A., Palomino-Yamamoto, M., & Martín, Y. (2018). Protección osteoarticular de *Zea mays* L. variedad morada (maíz morado) en artritis experimental en ratas. *Revista Peruana de medicina experimental y salud pública*, 35(3), 441-448. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.353.3454>
- Girón, J., & Llallahui, C. (2018). Abonamiento orgánico y microorganismos eficientes en la absorción de fósforo por maíz morado (*Zea mays* L.)-Ayacucho. *Investigación*, 26(1), 11-16. <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.2018.1.52>
- Gorriti, A., Quispe, F., Arroyo, J., Cordova, A., Jurado, B., Santiago, I., & Taype, E. (2009). Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. Maíz morado. *Ciencia e Investigación*, 12(2), 64-74. <https://doi.org/10.15381/ci.v12i2.3395>
- Guerrero, Z. (2020). *Efecto del ácido húmico en la fertilización nitrogenada amoniacal sobre el rendimiento del maíz amarillo duro (Zea mays L.), INIA 619-mega híbrido en el Bajo Piura-Perú-2018* [tesis de pre grado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional UNP. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2435>
- Guillén-Sánchez, J., Mori-Arismendi, S., & Paucar-Menacho, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia*

- Agropecuaria, 5(4), 211-217. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v5n4/a05v5n4.pdf>
- Gullón, P., Eibes, G., Lorenzo, J., Pérez-Rodríguez, N., Lú-Chau, T., & Gullón, B. (2020). Green sustainable process to revalorize purple corn cobs within a biorefinery frame: Co-production of bioactive extracts. *Science of the Total Environment*, 709(101), 182-197. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136236>
- Jing, P., & Giusti, M. (2007). Effects of Extraction Conditions on Improving the Yield and Quality of an Anthocyanin-Rich Purple Corn (*Zea mays* L.) Color Extract. *Journal of Food Science*, 72(7), 363-368. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00441.x>
- Mandujano, Y. (2017). *Los abonos orgánicos en la producción de maíz morado variedad mejorada pmv-581 (Zea mays L.) y las propiedades químicas del suelo en condiciones agroecológicas del Instituto de Investigación Frutícola y Olerícola- Cayhuayna Huánuco-2016* [tesis de pre grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio institucional UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1518>
- Mansilla, P., Nazar, M., & Perez, G. (2020). Flour functional properties of purple maize (*Zea mays* L.) from Argentina. Influence of environmental growing conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 146(1), 311-319. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.246>
- Medina-Hoyos, A., Narro-León, L., & Chávez-Cabrera, A. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 291-299. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n3/2077-9917-agro-11-03-291.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). "El Agro en Cifras". <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/536471/boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-dic19-130220.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2018). Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad. <https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/Linea-de-base-ma%C3%ADz-LowRes.pdf>
- Monroy, Y., Rodrigues, R., Sartoratto, A., & Cabral, F. (2020). Purple corn (*Zea mays* L.) pericarp hydroalcoholic extracts obtained by conventional processes at atmospheric pressure and by processes at high pressure. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 37(1), 237-248. <https://doi.org/10.1007/s43153-020-00009-x>
- Nolasco, Y. (2021). *Enmiendas orgánicas en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) en condiciones de Cayhuayna - Pillco Marca - Huánuco, 2019* [tesis de pre grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio institucional UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6473>
- Pesantes, G., Paucar, J., & Franco, J. (2021). Elaboración de una bebida de maíz morado con máxima retención de antocianinas. *Alpha Centauri*, 2(1), 52-61. <https://doi.org/10.47422/ac.v2i1.29>
- Piña, P. (2018). *Comparativo de rendimiento y contenido de antocianinas en 6 variedades de maíz morado (Zea mays L.) en el distrito de Ichocan, provincia de San Marcos, región Cajamarca* [tesis de pre grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2874>
- Pinedo, R., Rodriguez, G., & Valverde, N. (2017). Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Canaán-Ayacucho. *Aporte Santiaguino*, 10(1), 39-50. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2017.v10.n1.181>
- Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021a). Analysis of anthocyanins in the purple corn (*Zea mays* L.) from Peru and its antioxidant properties. *Terra Latinoamericana*, 39(1), 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>
- Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021b). Evaluation of the yield, morphological and chemical characteristics of varieties of purple corn (*Zea mays* L.) in the region Cajamarca-Perú. *Terra Latinoamericana*, 39(1), 1-10. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.829>
- Valera, P. (2019). *Efecto de la altitud en el rendimiento y en el contenido de antocianinas de maíz morado (Zea mays L.) en el distrito de Ichocan* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3698>
- Zhang, Q., Gonzalez, E., Luna-Vital, D., Tao, T., Chandrasekaran, S., Chatham, L., Juvik, J., Singh, V., & Kumar, D. (2019). Relationship of phenolic composition of selected purple maize (*Zea mays* L.) genotypes with their anti-inflammatory, anti-adipogenic and anti-diabetic potential. *Food Chemistry*, 289(1), 739-750. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.116>