

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**



**“NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN DOS VARIEDADES DE MAÍZ
MORADO (*Zea mayz* L.) EN LA LOCALIDAD DE CANAÁN -
AYACUCHO”**

Presentada por:

REMBER EMILIO PINEDO TACO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER
SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

Lima - Perú

2015

FO4
P555
T

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ANEXOS

RESUMEN

SUMMARY

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1	Generalidades del cultivo.....	3
2.1.1	Origen	3
2.1.2	Taxonomía.....	5
2.1.3	Morfología de la planta.....	5
2.1.4	Fases fenológicas o desarrollo del maíz	6
2.1.5	Exigencias Climáticas.....	7
2.1.6	Exigencias Edafológicas.....	8
2.1.7	Exigencias Agronómicas	9
2.1.8	Labores Culturales.....	14
2.2	Razas y variedades nativas de maíz morado.....	19
2.3	Variedades mejoradas de maíz morado	21
2.4	Características genéticas del maíz morado	22
2.5	Composición química del maíz morado	23
2.6	Usos	24
2.7	Investigaciones agronómicas en el cultivo de maíz morado.....	25
2.8	Aspectos relacionados con el pigmento antocianina	29
2.9	Naturaleza química de las antocianinas	30
2.10	Propiedades fisico-químicas de las antocianinas	31
2.11	Factores que influyen en la estabilidad y color de las antocianinas	31
2.12	Extracción de antocianinas	34
2.13	Exportación del maíz morado	35
III.	MATERIALES Y METODOS.....	37

43959

3.1	Ubicación del experimento	37
3.1.1	Ubicación geográfica:.....	37
3.2	Características del suelo.....	37
3.2.1	Historial de campo.....	37
3.3	Características del clima	38
3.4	Características del material genético	39
3.5	Características de los fertilizantes.....	40
3.6	Características del campo experimental.....	40
3.7	Otros materiales	41
3.8	Metodología.....	41
3.8.1	Factores en estudio	42
3.8.2	Tratamientos.....	43
3.8.3	Diseño experimental.....	43
3.8.4	Instalación del experimento	44
3.9	Variables evaluadas en el experimento.....	47
3.9.1	Evaluación de variables biométricas	47
3.9.2	Evaluación de variables agronómicas	48
3.9.3	Evaluación de contenido de antocianina	49
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1	Evaluación de variables biométricas.....	51
4.1.1	Emergencia.....	51
4.1.2	Días a la floración masculina	51
4.1.3	Días a la floración femenina.....	53
4.1.4	Altura de planta	56
4.1.5	Altura de mazorca.....	57
4.1.6	Longitud de Mazorcas	59
4.1.7	Diámetro de Mazorcas	61
4.2	Evaluación de variables agronómicas.....	63
4.2.1	Número de granos por hilera.....	63
4.2.2	Número de hileras por mazorca	66
4.2.3	Peso de mazorca, grano y tusa	68
4.2.4	Rendimiento en peso de mazorcas por hectárea (t/ha).....	71
4.3	Evaluación del contenido de antocianina.....	74

V. CONCLUSIONES	77
VI. RECOMENDACIONES	78
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	79
VIII. ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Composición química del maíz morado INIA-615 Negro Canaán (contenido en 100 gramos)	23
Cuadro 2: Composición química de maíz morado PMV-581, INIA-615 Negro Canaán, INIA-601 Negro Cajamarca.	24
Cuadro 3: Resultados del análisis químico de suelo, Canaán – INIA	38
Cuadro 4: Condiciones climatológicas registradas en la EEA-Canaán Ayacucho desde noviembre 2013 hasta mayo 2014	39
Cuadro 5: Niveles de fertilización (f)	42
Cuadro 6: Variedades (v)	43
Cuadro 7: Distribución de tratamientos en estudio	43
Cuadro 8: Análisis de Variancia (ANVA)	44
Cuadro 9: Análisis de varianza para días a la floración masculina (días) días después de la siembra	52
Cuadro 10: Prueba de Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento para variedades en promedio de nivel de fertilización para días a la floración masculina (días)	52
Cuadro 11: Prueba de Comparación de medias Duncan al 0.05 de probabilidad para nivel de fertilización en promedio de variedades para días a la floración masculina (días)	53
Cuadro 12: Análisis de varianza para días a la floración femenina (días)	54
Cuadro 13: Comparación de medias mediante la prueba de Duncan para variedades en promedio de nivel de fertilización para días a la floración femenina (días)	55

Cuadro 14:	Prueba de comparación de medias Duncan al 0.05 por ciento de probabilidad para nivel de fertilización en promedio de variedades para días a la floración femenina.	55
Cuadro 15:	Análisis de varianza para altura de planta (m)	56
Cuadro 16:	Comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad de variedades en promedio de nivel de fertilización para altura de planta (m).	56
Cuadro 17:	Comparación de medias mediante la prueba de Duncan al 0,05 de probabilidad de nivel de fertilización en promedio de variedades para altura de planta	57
Cuadro 18:	Análisis de varianza para altura de mazorca	58
Cuadro 19:	Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad de variedades en promedio de nivel fertilización para altura de mazorca	58
Cuadro 20:	Prueba de Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad de nivel de fertilización en promedio de variedades para altura de mazorca (m)	59
Cuadro 21:	Análisis de varianza para longitud de mazorca	60
Cuadro 22:	Comparación de medias mediante la prueba de Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad para variedades en promedio de niveles de fertilización para longitud de mazorca	60
Cuadro 23:	Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad para niveles de fertilización en promedio de variedades para longitud de mazorca	61
Cuadro 24:	Análisis de varianza para diámetro de mazorcas (cm)	62
Cuadro 25:	Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad de variedades en promedio de niveles de fertilización para diámetro de mazorca (cm)	62

Cuadro 26:	Comparación de medias mediante la prueba de Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad de nivel de fertilización en promedio de variedades para diámetro de mazorca	57
Cuadro 27:	Análisis de varianza para número de granos por hilera	64
Cuadro 28:	Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad de variedades en promedio de niveles de fertilización para número de granos por hilera	64
Cuadro 29:	Comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad de niveles de fertilización en promedio de variedades para número de granos por hilera	65
Cuadro 30:	Análisis de varianza para número de hileras por mazorca	66
Cuadro 31:	Prueba de comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad para variedades en promedio de nivel de fertilización para número de hileras por mazorca	66
Cuadro 32:	Prueba de comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad para nivel de fertilización en promedio de variedades para número de hileras por mazorca	67
Cuadro 33:	Análisis de varianza para peso de mazorca en (g)	68
Cuadro 34:	Análisis de varianza para peso de granos en (g)	68
Cuadro 35:	Análisis de varianza para peso de granos en (g)	69
Cuadro 36:	Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad para variedades en promedio de niveles de fertilización para peso de mazorca, grano y tusa	69
Cuadro 37:	Prueba de comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad para nivel de fertilización en promedio de variedades para peso de mazorca, grano y tusa	69
Cuadro 38:	Análisis de varianza para rendimiento de mazorcas en t/ha	69
Cuadro 39:	Comparación de medias Duncan al 0.05 de probabilidad de nivel de fertilización en promedio de variedades para rendimiento de mazorca en (t/ha).	71
Cuadro 40:	Comparación de medias Duncan al 0.05 de probabilidad de nivel de fertilización en promedio de variedades para rendimiento de mazorca en (t/ha).	73

Cuadro 41:	Análisis de varianza para contenido de antocianina en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g de muestra	74
Cuadro 42:	Comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad de variedades en promedio de niveles de fertilización para contenido de antocianina (mg/100g de muestra)	74
Cuadro 43:	Comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad de niveles de fertilización en promedio de variedades para contenido de antocianina (mg/100g de muestra)	75

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág
Anexo 1: Resultado de días a la floración masculina	89
Anexo 2: Resultado de días a la floración femenina	89
Anexo 3: Resultado de evaluación de altura de planta en m	90
Anexo 4: Resultado de evaluación de altura de mazorca en m	90
Anexo 5: Resultado de longitud en promedio de mazorca en cm	91
Anexo 6: Resultado de diámetro de mazorca en cm	91
Anexo 7: Resultado porcentaje de humedad en cosecha	92
Anexo 8: Resultado de número de hileras por mazorca	92
Anexo 9: Resultado de número de granos por hilera	93
Anexo 10: Resultado peso de mazorca en g.	93
Anexo 11: Resultado peso de granos de mazorca en g.	94
Anexo 12: Resultado peso de tusa en g.	94
Anexo 13: Resultado rendimiento de mazorca t/ha	95
Anexo 14: Resultado de contenido de antocianina en muestras de maíz morado	95

“NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN DOS VARIEDADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) EN LA LOCALIDAD DE CANAÁN-AYACUCHO”

RESUMEN

En el campo experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)-Canaán-Ayacucho, se evaluaron variables biométricas, agronómicas y contenido de antocianina de dos variedades de maíz morado INIA-615 Negro Canaán y PMV- 581 con cuatro niveles de fertilización (NPK), bajo un Diseño de Bloque Completo al Azar con arreglo factorial $2v \times 4f$ que generó ocho tratamientos en cuatro repeticiones. Entre las variedades PMV-581 e INIA-615 Negro Canaán, asimismo entre niveles de fertilización, no se encontraron diferencias significativas para las variables días a la floración masculina, días a la floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de granos por hilera, número de hileras por mazorca, y peso de tuza; pero se halló diferencias significativas entre variedades para peso de grano, peso de mazorca y rendimiento de mazorca, y entre niveles de fertilización para las variables rendimiento de mazorca y contenido de antocianina. El mayor rendimiento de mazorca se alcanzó con la variedad INIA-615-Negro Canaán con 3,67 t/ha seguida de la variedad PMV-581 resultó con 2,78 t/ha. Con el nivel de fertilización f_3 se logró el mayor rendimiento de mazorcas (3,69 t/ha), seguido por los niveles f_4 y f_2 que resultaron estadísticamente iguales. Asimismo, con el nivel de fertilización f_2 (120-110-80) se obtuvo el mayor contenido de antocianina en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g 2,21 estadísticamente igual a los niveles de fertilización f_4 (120-120-100) 1,64 y f_3 (120-90-60) 1,62. En el contenido de antocianina en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g, la variedad Negro Canaán con 1,82 y la variedad PMV-581 con 1,67 estadísticamente resultaron iguales.

Palabras clave: maíz morado, nivel de fertilización, arreglo factorial, contenido de antocianina,

"LEVELS OF FERTILIZATION IN TWO VARIETIES OF PURPLE CORN (*Zea mays* L.)" IN THE LOCALITY OF CANAAN-AYACUCHO"

SUMMARY

In the experimental field of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA) -Canaan-Ayacucho, biometric, agronomic and anthocyanin content of two varieties of purple corn INIA-615 Black Canaan and PMV 581 with four levels of fertilization variables were evaluated (NPK) under a Design Randomized Complete Block factorial 2v x 4f generated eight treatments in four replications. Among the PMV-581 and INIA-615 Black Canaan varieties also between fertilization levels, no significant differences for the variables days were found to male flowering, days to silking, plant height, ear height, ear length , ear diameter, number of kernels per row, number of rows per ear, and weight of gopher; but significant differences among varieties for grain weight, ear weight and ear yield and between fertilization levels for the variables ear yield and anthocyanin content was found. The biggest ear yield was reached with the INIA-615-Black Canaan variety with 3.67 t / ha followed by the variety PMV-581 proved to 2.78 t / ha. With the level of fertilization f3 the highest yield of pods (3.69 t / ha), followed by f4 and f2 levels that were statistically equal was achieved. Also, f2 fertilization level (120-110-80) greater content equivalents anthocyanin cyanidin-3-glucoside mg / 100g 2.21 statistically equal to f4 fertilizer levels was obtained (120-120-100) 1.64 and f3 (120-90-60) 1.62. The content of anthocyanin cyanidin equivalents-3-glucoside mg / 100g, variety Black Canaan with 1.82 and PMV-581 range with 1.67 resulted statistically equal.

Keywords: purple corn, fertilization level factorial arrangement, anthocyanin content,

I. INTRODUCCIÓN

El maíz constituye parte de los productos más importantes en la dieta alimentaria nacional y de mayor arraigo en la cultura productiva de la población rural de los andes peruanos (Huamanchumo, 2013), se cultiva en 24 regiones del país desde el nivel del mar hasta los 3900 msnm, en una extensión anual estimada de 502 383 ha, de los cuales 240 000 ha son de maíz amiláceo (INEI, 2013), y aproximadamente 5000 ha corresponde al maíz morado, siendo las zonas agroecológicas de mayor área de cultivo Arequipa, Ica, Lima, Huánuco, Cajamarca y Ayacucho (MINAGRI, 2012).

El maíz constituye parte de los productos más importantes en la dieta alimentaria nacional y de mayor arraigo en la cultura productiva de la población rural de los andes peruanos (Huamanchumo, 2013), se cultiva en 24 regiones del país desde el nivel del mar hasta los 3900 msnm, en una extensión anual estimada de 502 383 ha, de los cuales 240 000 ha son de maíz amiláceo (INEI, 2013), y aproximadamente 5000 ha corresponde al maíz morado, siendo las zonas agroecológicas de mayor área de cultivo Arequipa, Ica, Lima, Huánuco, Cajamarca y Ayacucho (MINAGRI, 2012).

El Perú goza de condiciones geográficas y climáticas propicias para el cultivo de maíz morado y es uno de los principales productores y exportadores mundiales de maíz morado (Chichizola *et al.*, 2007; Sierra Exportadora, 2013).

En Ayacucho, el área sembrada de maíz morado abarca aproximadamente 600 has, y las áreas de mayor producción están ubicadas en las provincias de Huanta y Huamanga. El rendimiento y contenido de antocianina depende principalmente de la variedad, calidad de semilla, dosis de fertilización química y enmiendas orgánicas utilizadas (Risco, 2007; Requis 2012).

En las zonas productoras de maíz morado en Ayacucho, el cultivo se practica preponderantemente en sistemas de agricultura familiar, con predominio de tecnologías tradicionales, y entre los principales problemas que deben enfrentar los productores son: escasa disponibilidad y acceso a semillas de calidad, y falta de información y asistencia técnica en el manejo de la fertilidad del suelo y uso de fertilizantes. Los productores en su gran mayoría usan semillas introducidas de origen desconocido que ingresa a la zona con escasa supervisión fitosanitaria de las autoridades competentes y aplican fertilizantes en forma empírica sin previo análisis químico de suelos; además, con desconocimiento del momento más apropiado de aplicación, y dosis de fertilizantes más recomendados para la zona. Los factores antes mencionados ocasionan 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.

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo principal de evaluar el rendimiento y contenido de antocianina de dos variedades de maíz morado con diferentes niveles de fertilización bajo condiciones locales de Canaán Ayacucho.

Los objetivos específicos fueron:

1. Determinar la mejor respuesta varietal para rendimiento y contenido de antocianina.
2. Definir el nivel fertilización más recomendable para rendimiento y contenido final de antocianina.
3. Hallar la interacción variedad por niveles de fertilización y su influencia en el rendimiento y contenido de antocianina.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo

2.1.1 Origen

El centro primario de origen del maíz se ubica en Mesoamérica (regiones montañosas de México y Guatemala) y los Andes centrales, son el segundo centro de diversificación (Tapia y Fries, 2007).

Según Goodman y Wilkes (1995), el maíz fue domesticado hace aproximadamente 8000 años en Mesoamérica (México y Guatemala). El ecosistema donde se desarrolló los primeros tipos de maíz fue estacional (inviernos secos alternados con veranos lluviosos) y una altura de más de 1500 msnm; estas características también describen el área principal ocupada por los parientes más cercanos del maíz, el Teocintle (*Zea mays* L. *ssp. Mexicana*) y el género *Tripsacum* (*Z. mexicana* Schrader Kuntze). Por su parte Mc Bride citado por Manrique (1997), afirma que el origen del maíz morado es muy remoto y se cultiva en el Perú desde épocas precolombinas, y que es nativo de las alturas de México o América Central

Justiniano (2010), asevera que en el Perú se han identificado un total de 55 razas de maíz, y que la raza es un agregado de poblaciones de una especie que tienen en común caracteres morfológicos, fisiológicos y usos específicos. Sin embargo, estas características distintivas no son suficientes para constituir una sub-especie diferente. Por su parte Serratos (2012) realizó una compilación de razas de maíz catalogadas en el continente americano y determinó que son 66 las razas identificadas en el Perú.

Manrique (1999), afirma que las variedades de maíz morado provienen de la raza “Kculli”, que aún es cultivada en el Perú. Esta raza “Kculli” se cruzó con otras razas transfiriendo sus colores característicos a las razas derivadas como el Piscoruntu, Huayleño, Cusco, San Gerónimo, Huancavelicano, Iqueño y Arequipeño.

Se conoce un gran número de variedades de maíz morado que se diferencian por la forma y tamaño de las mazorcas, por el número de hileras por mazorca y por el color del pericarpio de los granos. El color de la planta varia de verde a morado oscuro, pero la lígula de las hojas y de las anteras son invariables teniendo siempre color morado oscuro (Condori, 2006).

En el Perú existen muchas variedades de maíz morado como: Morado Canteño, Morado Mejorado, Morado Caráz, Arequipeño, Cuzco Morado, Negro Junín y Negro Canaán. Sin embargo, la variedad más comercial es el maíz morado Canteño porque se desarrolla bien entre los 1800 a 2500 msnm. En general la floración ocurre entre los 110 - 125 días, es tolerante a plagas y se adapta por ser nativa a las diferentes zonas. Asimismo, altitudes entre 1000 y 2900 msnm contribuyen a una óptima producción de maíz morado; sin embargo, se puede producir también a 3000 msnm (INIA, 2007; Risco, 2007).

Las zonas de producción del maíz morado en el país son: Ancash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Ica, Lima, Moquegua y Lambayeque. La producción peruana de maíz morado ha mostrado una recuperación en sus niveles de producción a partir del 2003, creciendo a un ritmo promedio anual de 19,6 por ciento en el año 2006, totalizando 10,6 mil toneladas. En el 2006 las principales regiones productoras fueron Lima (24,2 por ciento), Arequipa (21,8 por ciento) y Cajamarca (20,6 por ciento) (PROYECTO UE-PERU/PENXE, 2007).

2.1.2 Taxonomía

Con respecto a la ubicación taxonómica del maíz en general, la más aproximada ha sido reportada por Takhtajan (1980) y describe de la siguiente forma:

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Liliopsida
Orden : Poales
Familia : Poaceae
Tribu : Andropogoneae
Género : Zea
Especie : *Zea mays* L.
Nombre común : Maíz morado

2.1.3 Morfología de la planta

- a) **Raíz:** Las raíces son fasciculadas y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Takhtajan, 1980). La planta presenta un sistema radicular fasciculado y muy extenso compuesto por tres tipos de raíces: raíces primarias emitidos por la semilla y forma parte de las raíces seminales; raíces principales que se forman a partir de la corona y las raíces aéreas o adventicias que nacen en el último lugar de los nudos de la base del tallo (Llanos, 1984).
- b) **Tallo:** Tocagni (1982) menciona que el tallo consta de una caña maciza, vertical de altura variable que puede ir de 0,80 a 2,50 m, y en climas tropicales hasta 4,0 m de altura y la cantidad de nudos varía de 8 a 14. A su vez Llanos (1984) asevera que los entrenudos son muy cortos y los nudos se originan de las raíces aéreas y el grosor del tallo disminuye de abajo a arriba, con una sección circular hasta la panícula o inflorescencia masculina que corona la planta.

- c) Hoja: Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (Tocagni, 1982). También Llanos (1984) sostiene que es una planta anual que presenta de 15 a 30 hojas verdaderas que nacen de cada nudo y de color verde intenso.

- d) Flores: La inflorescencia masculina es una panícula formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas. La inflorescencia femenina es una estructura única llamada mazorca (Risco, 2007). El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta (Takhtajan, 1980). Sólo de algunas yemas que se encuentran en las axilas de las hojas nace la inflorescencia femenina o espiga, conocida como mazorca que incluye el eje central o coronta y donde se insertan las flores que darán origen a los granos (Tapia y Fries, 2007)

- e) Fruto y semilla: Es cariósipide, redondeado, morado situado en hileras a lo largo de toda la mazorca (Risco, 2007). Por su parte Takhtajan (1980), afirma que el grano o fruto del maíz es una cariósipide. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endospermo triploide. La parte más externa del endospermo en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona.

2.1.4 Fases fenológicas o desarrollo del maíz

Justiniano (2010), señala que la fenología del maíz morado PMV – 581, bajo condiciones de La Molina (UNALM), se inicia con el estado de desarrollo vegetativo, dando inicio el estado VE (emergencia), a los siete días después de la siembra (dds) culminando con la floración masculina (Estado de VT) a los 96 dds. El estado de

desarrollo reproductivo se inicia con el R1 (Floración Femenina) a los 102 dds y termina con la madurez fisiológica (R6) a los 179 dds.

Oscanoa y Sevilla (2010), indican que el peso promedio del grano del maíz morado por planta es 52.7 gramos; porcentaje de emergencia 36,7 por ciento; 141 y 147 días a floración masculino y femenino, 5,9 de número de días de intervalo de dehiscencia ASI (Anthesis Silking interval), 711 y 734 de unidades acumuladas de grados de temperatura sobre la mínima de crecimiento GDU (Growing Degree Units) a floración masculino y femenino; 12,6 hojas, 0,26 de índice de nervadura, hojas erectas, 696,2 mm de longitud de hoja, resistencia media a enfermedades de hoja, aspecto de planta media, 39 mm de longitud de panoja, 155 y 77,9 cm de altura de planta y mazorca, 11,9 por ciento acame de plantas y una mazorca por planta. Asimismo aseveran que las mazorcas tienen las siguientes características: 22 granos por hilera, 10 hileras por mazorca, 232 granos por mazorca, 38, 41 y 31 mm de diámetro en la base, medio y punta, 121 mm de longitud, 5,7 por ciento de conicidad y 92 g de peso.

2.1.5 Exigencias Climáticas

El maíz morado se adapta a diversos climas de la costa y sierra del Perú, por la existencia de diferentes variedades que permiten su gran dispersión. En cualquier ambiente donde se cultive, es favorecido en su desarrollo y rendimiento por climas preferentemente secos, con temperaturas moderadas que corresponden a ambientes de los valles interandinos de las vertientes del Pacífico y del Atlántico desde 600 a 2500 msnm (Sevilla y Valdez, 1985).

Manrique (1997), indica que el maíz morado se adapta a las condiciones de sierra media que comprende las laderas, valles y mesetas localizadas entre los 1,800 a 2,800 msnm, con temperaturas medias anuales de 12° a 20°C y con una precipitación media anual de 500 a 1000 mm.

Risco (2007), señala que la temperatura en la región Ayacucho oscila entre 18 y 23°C; la época lluviosa se presenta entre los meses de noviembre y marzo; entre los meses de

Junio a Julio la temperatura desciende con presencia de constantes heladas, lo que es un riesgo para los cultivos que están en terrenos abiertos (sin cercos vivos), debido a este factor condicionante en las localidades ubicadas en la sierra siembran a partir de agosto hasta octubre. En la costa siembran entre los meses de Abril a Setiembre.

El maíz en general exige un clima relativamente cálido y agua en cantidades adecuadas. Para la germinación la temperatura media diurna mínima debe estar no menos de 10°C, siendo la óptima 18 y 20 °C (Bonilla, 2009).

2.1.6 Exigencias Edafológicas

El cultivo de maíz en general se desarrolla bajo diferentes condiciones de suelo. La mayor dificultad de desarrollo del cultivo se encuentran en los suelos excesivamente pesados (arcillosos) y muy sueltos (arenosos). Sin embargo, las mejores condiciones se pueden encontrar en suelos con textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención del agua. El maíz se puede cultivar con buenos resultados en suelos que presenten pH de 5.5 a 8, aunque el óptimo corresponde a una ligera acidez (pH entre 6 y 7), un pH fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. El maíz es medianamente tolerante a los contenidos de sales en el suelo o en las aguas de riego (Fuentes, 2002).

Quispe *et al.* (2007), señalan que el maíz morado requiere de suelos franco-arcillosos con buena capacidad para el soporte de la humedad, es adaptable a diversos climas de la costa y sierra, que se ubiquen a lo largo de la cordillera de los andes entre los 1,200 y 3,000 msnm.

Las condiciones óptimas para la producción del maíz morado son los suelos profundos con textura franco a franco-arcilloso que retienen humedad. El exceso de humedad limita la acumulación de pigmentos en la mazorca, por ello se desarrolla mejor en suelos con pH entre 5 y 8, con una conductividad eléctrica entre 1 y 4 Ds/m (Sevilla y Valdez, 1985; Risco, 2007).

Risco (2007), menciona que los suelos de la región Ayacucho son arcillosos, franco arcillosos y franco arenosos, con buena capacidad para retener la humedad, tienen buena profundidad de capa arable y presentan un pH entre 5.5 y 7.5; por lo tanto, se puede establecer que sus valles son propicios para la producción de maíz morado, aunque es necesario considerar que en algunas zonas se presentan problemas de salinidad.

En lo que respecta al uso de fertilizantes en la mayoría de los casos los productores no realizan análisis de suelos previo a la siembra y lo hacen en forma empírica, por recomendaciones de proveedores comerciales, recomendaciones de sus vecinos, por costumbre de experiencia en años anteriores o por la disponibilidad de sus recursos económicos (Requis, 2007).

2.1.7 Exigencias Agronómicas

- **Fertilización**

Son 16 los elementos esenciales para el crecimiento de una gran mayoría de plantas y éstos provienen del aire y del suelo circundante. En el suelo, el medio de transporte es la solución del suelo; del aire: carbono (C) como CO₂ (dióxido de carbono); del agua: hidrógeno (H) y oxígeno (O) como H₂O (agua); del suelo, el fertilizante y abono animal: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl) (FAO, 2012).

Villagarcía y Aguirre (2012), afirman que los fertilizantes nitro-fosfo-potásicos que contienen NPK y otras sales que contienen otros nutrientes como Ca, Mg, S y elementos menores aumentan la fertilidad del suelo y proporcionan un medio para mantener niveles adecuados de fertilidad en los suelos. Los nutrientes que permiten y promueven el crecimiento de las plantas se encuentran en el suelo. Las plantas de cualquier especie o variedad para desarrollarse adecuadamente requieren mínimamente absorber más de 16 elementos nutricionales (Catalán, 2012).

Aunque la planta de maíz usa 16 elementos diferentes, sólo tres son necesarios en cantidades relativamente grandes: el N, el P y el potasio K. La falta de estos nutrientes limitan frecuentemente la producción de maíz, aunque el azufre y algunos micronutrientes como el zinc y el magnesio pueden ser restricciones importantes en ciertas localidades (García, 2013). Asimismo, (Risco, 2007) afirma que el cultivo de maíz morado tiene requerimientos altos de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio, entre otros nutrientes, (586 - 220 - 100 kg/ha de N-P-K).

Los terrenos destinados al maíz deben ser fértiles y con buen contenido de materia orgánica (más de 2,5 %), no ácido, no muy pendiente y con buen drenaje. El maíz es uno de los pocos cultivos andinos que siempre se fertiliza, generalmente con abundante estiércol (guano) y se añaden fertilizantes como urea y fósforo a niveles muy variables de 80-80-0 y en algunos casos en cantidades mayores, según el tipo de suelo (Tapia y Frías, 2007). El sistema radical del maíz en general es capaz de absorber nutrimentos a través de toda la vida de la planta, pero la absorción declina durante el último ciclo que corresponde al llenado del grano y a medida que comienza la senescencia de las hojas inferiores (Paliwal, 2001).

El incremento inmediato de rendimiento unitario se consigue mediante la aplicación de fertilizantes. La cantidad de fertilizantes a aplicar depende principalmente de la densidad de la plantación, del tipo de suelo y de su fertilidad (Jaulis, 2010)

El maíz necesita para su desarrollo ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en déficit o exceso. Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K. En cantidades de 0.3 kg. de P en 100 kg. de abono y un aporte de nitrógeno en mayor cantidad, sobre todo en época de crecimiento vegetativo (Fuentes, 2002).

Condori (2006), sostiene que el maíz necesita grandes cantidades de K, esencialmente para su crecimiento vigoroso y que el potasio tiene un gran impacto en la calidad del

cultivo incidiendo en factores como el incremento de peso de cada grano y la cantidad de granos por mazorca en el maíz.

Los procesos que controlan la absorción de nutrientes por el cultivo son complejos. Entre ellos se incluyen no solamente los mecanismos de absorción por las raíces, sino también la dinámica del nutriente en el suelo y las interacciones entre el crecimiento de las raíces con el comportamiento físico-químico de los suelos (Loneragan, 1997).

Condori (2006), argumenta que en los primeros estadios de crecimiento vegetativo del maíz es muy importante que las plantas encuentren en el suelo cantidades suficientes de fósforo en forma fácilmente asimilable. Las pequeñas raíces todavía no pueden llegar a las reservas de fósforo del suelo y compiten con desventaja con la materia orgánica presente en el suelo en su aprovechamiento. Asimismo, indica que el fósforo es importante en la formación de raíces y en la floración.

En el cultivo de maíz morado la cantidad de nutrientes a utilizar depende de la recomendación del análisis de suelo. De acuerdo a la fertilidad promedio de los suelos de la región se debe incorporar por lo menos 5 t/ha de guano de corral descompuesto o 10 sacos de guano de isla para obtener rendimientos superiores a 5 t/ha. Se recomienda Aplicar el nivel 120-90-60 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O (INIA, 2007).

Las formas iónicas que una raíz de maíz puede absorber son el nitrato (NO₃⁺) y el amonio (NH₄⁺). Como la mayor parte del N del suelo está en forma orgánica es necesaria una actividad microbiológica que lo convierta en amonio o nitrato (*Nitrosomas* y *Nitrobacter*) son las bacterias más comunes en esta tarea (MINAG, 2011).

Nitrógeno : es el motor del crecimiento de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO₃⁻) o de amonio (NH₄⁺) (FAO, 2012). La cantidad de nitrógeno a aplicar depende de las necesidades de producción que se deseen alcanzar así como el tipo de textura del suelo. La cantidad aplicada va desde 20 a 30 Kg de N/ha (Fuentes, 2002).

El nitrógeno en su forma nítrica es muy móvil, estando sujeto a sufrir pérdidas por percolación, exceso de riego o precipitación pluvial; conviene fraccionar las dosis de abonamiento nitrogenado por lo menos en dos etapas durante el período vegetativo del cultivo (Villagarcía y Aguirre, 2012). Las plantas que disponen de nitrógeno superabundante tienen tendencia a producir hojas suculentas de color verde oscuro sobre tallos débiles (Bonner y Galston, 1967).

Fósforo: Su dosis depende del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o suelos negros. El P, se clasifica como un nutriente primario razón por la cual es deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes (Fuentes, 2002). La concentración total de P en los cultivos varía de 0.1 a 0.5 por ciento (MINAG, 2011).

La eficiencia del fósforo, medida en términos de nutrientes recuperados por el cultivo de maíz varía entre 15 y 20 por ciento. Sin embargo, estas cifras pueden ser mejoradas saturando la capacidad de fijación del nitrógeno con fuertes aplicaciones de fertilizantes fosfatados, con el inconveniente de que los costos se elevan (Mendieta, 2009).

Por cada 100 kg de P_2O_5 soluble aplicado al suelo, el cultivo absorbe durante su desarrollo y fructificación de 20 a 60 kg de P_2O_5 aplicado (Villagarcía y Aguirre, 2012).

Las plantas deficientes en fósforo presentan detención en su desarrollo, sus hojas son de color verde oscuro y con frecuencia muestran tendencia a la producción de pigmentos antocianicos de color rojo o púrpura (Bonner y Galston, 1967).

Potasio: Debe aplicarse en una cantidad superior a 80 o 100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas de 135 a 160 ppm. La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y las mazorcas no granan en las puntas (Fuentes, 2002). También produce amarillamiento de hojas con frecuencia en forma de moteado, disminuye el crecimiento y por lo general los tallos se vuelven tan débiles que las plantas son derribadas fácilmente por el viento (Bonner y Galston, 1967).

El potasio activa más de 60 enzimas, por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y proteínas. Asimismo, mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a sequías, heladas y salinidad. Las plantas provistas con buen nivel de K sufren menos de enfermedades (FAO, 2012).

Otros elementos: Boro, Magnesio, Azufre, Molibdeno y Zinc. Son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta. Las carencias del boro aparecen muy marcadas en las mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella (Fuentes 2002).

- **Época de siembra**

Sevilla y Valdez (1985) refieren que el maíz se puede sembrar durante todo el año, las épocas más adecuadas son de abril a agosto (siembra de invierno) y de noviembre a febrero (siembra de verano) y en la costa peruana la mejor época para la siembra del maíz morado es en el invierno en los meses de mayo a junio. En Lugares por encima de los 2700 msnm es recomendable sembrar preferentemente a partir de la segunda quincena de octubre (INIA, 2007).

En la zona agroecológica Quechua baja ubicada entre 1 800 y 2 500 msnm se puede sembrar todo el año si se dispone de riego; si este es insuficiente la siembra se efectúa entre agosto y octubre; en la zona Quechua media entre 2 500 a 2 800 msnm con riego se practica la siembra denominada “mahuay” o adelantada, y en condiciones de secano se posterga según el inicio de las lluvias frecuentemente hasta octubre (Tapia y Fries, 2007).

- **Densidad de siembra**

En general el maíz se siembra a una profundidad de 5 cm y se puede realizar al voleo o en surcos. La separación de las líneas es de 0.8 a 1 m y la separación entre los golpes de 0,35 – 0,40 m dependiendo de la variedad (Hurtado, 2004).

El maíz morado se siembra usando dos a cuatro semillas por golpe a una distancia de 40 cm entre golpes. También se puede sembrar a surco corrido poniendo dos semillas cada 15 cm con una densidad de 82 000 plantas/ha (Risco, 2007). Asimismo, el autor mencionado afirma que en Huanta la siembra de maíz morado se realiza en surcos distanciados a 70 cm entre ellos, usando de dos a tres semillas por golpe con una distancia de 40 a 50 cm entre golpes; asimismo, menciona que mayores densidades pueden producir rendimientos más elevados, siempre que exista una buena fertilización y manejo del cultivo, pero se corre el riesgo de obtener muchas plantas improductivas y mazorcas más pequeñas con menor tamaño de grano, afectando la calidad y precio del producto.

Requis (2012), señala que para la producción de maíz morado en general conviene tener una adecuada población de plantas para cosechar mayor número de mazorcas. Recomienda un distanciamiento de 0.80 m entre surcos y 0.50 m entre golpes, con tres semillas por golpe para tener una población de 75,000 plantas/ha (cantidad de semilla requerida es 35 a 40 kg/ha). Asimismo, el INIA (2007) afirma que para sembrar la variedad INIA-615 Negro Canaán se debe utilizar 40 a 45 kg/ha de semilla de buena calidad y en cada golpe se debe contar con dos plantas para asegurar una densidad de 50,000 plantas/ha.

Violic *et al.* (1982), reportó que la semilla de maíz tratada con fungicidas y/o insecticidas debe ser colocada a la profundidad correcta (5 a 10 cm). Esto asegura un buen contacto con el suelo húmedo que previene la desecación y asegura que el coleóptile no tenga dificultades para llegar a la superficie.

2.1.8 Labores Culturales

- Preparación de Terreno

Una eficiente preparación del terreno favorece la germinación y el enraizamiento del maíz morado. Para ello se realiza riego, arado del terreno y surcado con una distancia de

80 o 90 cm entre surcos (Risco, 2007). Asimismo, Catalán (2012) afirma que la aradura del terreno es necesaria porque permite suavizar el terreno, aerear, incorporar materia orgánica, controlar insectos en hibernación, exponer estructuras de hongos y bacterias (enfermedades) que se encuentran al interior del suelo.

- Siembra

Llanos (1984), afirma que el momento de la siembra va determinado por las condiciones climáticas del año y el ciclo de la variedad. Para favorecer la germinación y emergencia uniforme del maíz morado, la siembra se debe realizar en suelo adecuadamente preparado y con humedad suficiente a una profundidad uniforme no mayor a 10 cm (INIA, 2007)

- Riego

Olarte (1987), sostiene que la práctica del riego consiste en aprovechar la capacidad retentiva del suelo para almacenar el agua en la zona radicular y sustituir el agua evapotranspirada por las plantas aplicado en condiciones de campo por un agricultor con mayor o menor dominio del agua.

Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a emerger se requiere menos cantidad de agua. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda regar de 10 a 15 días antes de la floración. La fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconseja riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada (Risco, 2007).

El umbral mínimo de precipitación es de 150 mm para la cosecha de granos. El maíz en general necesita por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivo. Sin embargo, aun esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo debido a la poca profundidad de éste o debido a la

velocidad de escurrimiento, o si la demanda evaporativa es muy grande por las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa (Fuentes, 2002).

El riego en el cultivo del maíz morado se realiza cada 10 a 12 días según el clima y tipo de suelo. Es necesario priorizar los riegos durante la floración y panojamiento. Se recomienda usar un volumen de agua de 8 a 10 m³/ha (INIA, 2007). En la zona andina el cultivo del maíz se desarrolla con lluvias temporales, el riego por gravedad es complementario siendo importante para la preparación del suelo, siembra y las primeras etapas del desarrollo de las plantas (Catalán, 2012).

Para el maíz en general el agua es un factor fundamental para su buen desarrollo vegetativo (Bartolini, 1989). Necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo. El maíz es muy sensible también al aniego o encharcamiento, es decir, a los suelos saturados y sobresaturados. Desde la siembra hasta aproximadamente los 15-20 días, el aniego por más de 24 horas puede dañar el cultivo (especialmente si las temperaturas son altas) porque el meristemo está debajo de la superficie del suelo en esos momentos (Deras, 2012). Por su parte, Hurtado (2004) afirma que el requerimiento hídrico del cultivo del maíz en general durante su ciclo vegetativo está entre 450 – 750 mm/campaña, requiere una lámina de 600 mm/campaña, y la necesidad promedio de agua de cada planta será de 120 litros/campaña.

- Control de malezas

El cultivo debe mantenerse libre de malezas, especialmente durante los primeros 45 días. Los deshierbes deben ser oportunos para evitar pérdidas por competencia. Para el control químico se recomienda utilizar herbicidas específicos a base de Atrazina (INIA, 2007).

El efecto más perjudicial se produce en los primeros 35 días que siguen a la emergencia del maíz. La labor del aporque en el maíz es un complemento muy eficiente que contribuye al control de malezas. Las malezas que crecen después del aporque no perjudican el rendimiento pero su peligro se da por ser hospederas de insectos picadores

chupadores que transmiten “virus”. El control se puede hacer mediante dos procedimientos: labores de cultivo y aplicación de herbicidas. (Parsons, 1981; Sevilla y Valdez, 1985).

- Desahije

Sirve para determinar la densidad de siembra del cultivo, consiste en extraer las plantas que se consideran en exceso en cada golpe. Se realiza cuando las plantas tengan aproximadamente 0.20 m de altura dejando solamente una o tres plantas de las más vigorosas por golpe (Sevilla y Valdez, 1985).

- Aporque

Se realiza dos aporques oportunos: El primero cuando las plantas tengan alrededor de 30 cm de altura y el segundo cuando las plantas alcancen alturas entre 40 y 50 cm, con la finalidad de darle un buen anclaje a las plantas, lograr una mejor aireación de las raíces y eliminación de malezas (Boletín INIA, 2007; Requis, 2007). El aporque es importante porque permite incorporar la segunda fertilización del nitrógeno, eliminar malezas, oxigenar el suelo, controlar plagas y lo más importante dar soporte a las plantas para evitar el tumbado provocado por el viento y el propio peso de la planta del maíz (Catalán, 2012).

- Cosecha

Esta práctica consiste en la recolección de las mazorcas, arrancándolas de la planta y separando de su envoltura o “panca”. El maíz se puede cosechar cuando el grano tiene una humedad de 30 por ciento aproximadamente (Sevilla y Valdez, 1985).

Bajo condiciones de Ayacucho se cosecha cuando los granos tienen del 30 a 35 por ciento de humedad. Se “tumba” la planta y se deja secar aproximadamente cuatro a cinco días, luego de los cuales se separa la mazorca de la planta (Risco, 2007). La cosecha del maíz morado debe ser oportuna, es decir, cuando los granos se encuentren

en la etapa de madurez fisiológica o cuando las brácteas que cubren las mazorcas estén secas. El despanque puede realizarse cortando las plantas o con plantas paradas. Luego se debe llevar las mazorcas a los secaderos hasta lograr la humedad requerida (Requis, 2012).

La cosecha se realiza cuando las plantas muestren más de 70 por ciento de hojas secas, mejor aún si llega al 100 por ciento. El corte (calcheo) debe realizarse cuando el grano tiene entre 20 a 25 por ciento de humedad o cuando en la base del casquete (nariz) se encuentre una capa marrón o negro (Catalán, 2012).

Una vez que se ha establecido el número de los granos por mazorca, el rendimiento final depende de la disponibilidad de materiales asimilados corrientes y almacenados. El maíz no tiene una conexión vascular directa entre los granos y el olote. Los carbohidratos y otros nutrimentos se acumulan en el espacio libre debajo de los granos en desarrollo y se mueven hacia los granos siguiendo un gradiente de difusión (Paliwal, 2001).

- Secado

Manrique (1997), menciona que la cosecha es una de las últimas fases del cultivo de maíz y su oportunidad es de suma importancia, permite obtener un producto de alta calidad así como reducir la pérdida de mazorcas en cosechas tardías.

El maíz morado es colocado en eras o tendales para su secado natural por efecto de la radiación solar y el viento. Este es un sistema lento y variable en su duración, ya que depende de las condiciones del medio ambiente. Termina cuando el grano tiene alrededor de 12 por ciento de humedad (Sevilla y Valdez, 1985).

En el caso del maíz morado no se desgrana al momento de la cosecha; con el secado terminan todas las operaciones en campo procediendo luego a su secado para el almacenaje y comercialización. Con la finalidad de preservar y mantener la calidad de la pigmentación sobre todo de la tusa, el secado debe ser rápido para evitar el desarrollo de

hongos como *Pinicillium* spp. Las mazorcas por la alta humedad que contienen deben ser extendidas en unas capas no mayores a 25 cm y realizar volteo con cierta frecuencia hasta que el grano contenga 14 por ciento de humedad (Requis, 2012).

En el maíz morado la mazorca se deja secar hasta llegar al 20 por ciento de contenido de humedad. Un buen secado contribuye a conservar la calidad del pigmento; por tanto, el proceso debe ser rápido, con aire forzado o con energía solar, sin que la luz solar vaya directamente a las mazorcas (Risco, 2007).

2.2 Razas y variedades nativas de maíz morado

La variabilidad de maíces que existe están preservados en el Banco de Germoplasma del Programa Cooperativo de Investigación de Maíz y existen 55 grupos raciales, dentro de ellos se cuenta con cinco razas primitivas en sierra (confite morocho, confite puntiagudo, confite puneño y kully) y uno en Selva (enano); asimismo, se cuenta con las 20 razas derivadas de las primeras; 10 razas de segunda derivación; seis razas introducidas; 12 razas incipientes y dos razas no definidas (Manrique, 1997).

En nuestro país se han identificado un total de 55 razas. La raza es un agregado de poblaciones de una especie que tienen en común caracteres morfológicos, fisiológicos, y usos específicos. Sin embargo, estas características distintivas no son suficientes para constituir una sub-especie diferente; la clasificación en razas es aplicada a especies cultivadas. Las razas del maíz es patrimonio cultural de los pueblos, como son sus costumbres, su música, su idioma y creencias (Oscanoa y Sevilla, 2010).

Oscanoa y Sevilla (2010), señalan que la raza Kulli se localiza en Ayacucho en las provincias de Huamanga, Huanta, La Mar y Víctor Fajardo en los distritos de Quinua, Iguain, San Miguel y Colca y en Huancavelica en los distritos de Huando y Moya (altitudes entre los 2,812 hasta 3,144 m de altitud; y 12° 23' latitud sur; 75° 08' longitud oeste hasta 13° 41' latitud sur; 74°03' longitud oeste).

La sierra del Perú es una de las regiones de mayor diversidad de razas de maíz del mundo. Solo en la sierra hay 26 razas distintas; las más cultivadas son: San Gerónimo, Huancavelicano en los departamentos de Junín, Ayacucho, Huancavelica y Apurímac; Cusco Cristalino Amarillo y Cusco Gigante en el Cusco y Apurímac; Raza Cusco en casi toda la sierra desde Cajamarca hasta Cusco; Morocho en Ayacucho, Huancavelica y Apurímac. Todas estas razas se usan como mote y choclo. Hay razas de usos más especializados, por ejemplo; Ancashino, Huayleño, Chullpy, Paro y Piscorunto se usan exclusivamente como cancha; la raza Kcully (Morado) se usa para chicha morada, Confite Puntigrúo y Confite Morocho como maíz reventón. Las razas de Cajamarca, la sierra de Piura y la Libertad son más específicas, se usan principalmente como cancha, mote o para hacer chochoca o harina de maíz (MINAGRI, 2012).

Sevilla y Valdez (1985), afirman que en el Perú existen los siguientes maíces morados:

- **Morado Canteño:** Derivada de la raza Cuzco, con características muy similares a la raza Cuzco Morado. Es más precoz y se cultiva en muchos lugares en la Sierra del Perú, especialmente en las partes altas del valle del Chillón del departamento de Lima hasta los 2,500 msnm. Es la variedad que más se consume en el mercado de Lima.
- **Morado de Caráz:** Variedad derivada de las razas Ancashino y Alazán. Recibe este nombre porque se cultiva en la localidad de Caraz en el Callejón de Huaylas, en extensiones relativamente grandes. Es más chico que las variedades de origen cuzqueño. Es de precocidad intermedia y tiene la ventaja que puede adaptarse también a la Costa. Entre las variedades tradicionales es la que muestra mayor capacidad de rendimiento y la que presenta la coronta más pigmentada.
- **Arequipeño:** En las alturas de los departamentos de Arequipa se encuentra una variedad de granos morados dispuestos en hileras regulares en la mazorca. La forma de la mazorca es similar al Cuzco, pero más chica. El color de la tusa no es tan intenso como en otras variedades, pero en la colección hecha en Arequipa

se encuentra mucha variabilidad para esta característica, por lo que puede ser mejorada. Es más precoz que las variedades previamente citadas.

- **Negro de Junín:** Se denomina así a una variedad precoz de granos negros, grandes, dispuestos irregularmente en una mazorca corta y redondeada. Es similar en forma a la raza San Jerónimo.
- **Huancavelicano:** Se le encuentra en la Sierra Centro y Sur hasta Arequipa, ocupando alturas mayores que otras variedades.

Por su parte, Quevedo (2013), describe a la variedad Cuzco Morado como variedad relacionada a la raza Cuzco Gigante. Es tardía, de granos grandes, dispuestos en mazorcas de ocho hileras muy bien definidas. Se cultiva en diferentes lugares en zonas de altitud intermedia en los departamentos de Cuzco y Apurímac.

2.3 Variedades mejoradas de maíz morado

PMV – 581: Variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, obtenida a través de la variedad Morado de Caraz, adaptada a la costa y sierra baja, con resistencia a roya y cercospora. Su periodo vegetativo es intermedio, con mazorcas medianas de 15 a 20 cm, alargadas con alto contenido de pigmento y un potencial de rendimiento de 6 t/ha (Manrique, 1997).

PMV - 582: Variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, adaptada a la sierra alta. Las plantas son de tamaño intermedio, mazorcas medianas, con alto contenido de antocianinas y un potencial de rendimiento de 4 t/ha (Manrique, 1997).

INIA - 615 Negro Canaán: Variedad mejorada por el INIA, producto del trabajo de mejoramiento por selección recurrente de medios hermanos a partir de 36 colecciones de cultivares de la raza Kulli realizados durante nueve ciclos. Los progenitores

femeninos fueron las variedades locales Negro Kully y Morado y los progenitores masculinos un compuesto balanceado de tres variedades (Negro, Kully y Morado) (INIA, 2007).

INIA - 601 (INIA Negro Cajamarca): Originada en la Subestación Experimental Cajabamba del INIA. La población “NEGRO” se formó con 256 progenies: 108 de la variedad Morado Caráz y 148 progenies de la variedad local Negro de Parubamba (Abanto *et al.*, 2014).

Con relación al uso de semilla mejorada (certificada), los productores de maíz amiláceo tienen una tasa de utilización de semilla nacional certificada de apenas el 1 por ciento. Asimismo, se sabe que sólo el 5 por ciento de los agricultores emplean semillas producidas fuera de la chacra, es decir, 95 por ciento de los agricultores utilizan como semilla los granos seleccionados de sus propias parcelas bajo las costumbres que ancestralmente conocen. El problema con esta práctica es que las semillas pueden estar degeneradas (baja calidad), ser susceptibles a plagas, que afectan a la productividad del cultivo (Huamanchumo, 2013).

2.4 Características genéticas del maíz morado

Según Sevilla y Valdéz (1985), existe un gran número de variedades de maíz morado que se diferencian por la forma y tamaño de las mazorcas, por el número de hileras por mazorca, por el tamaño, forma y color del pericarpio de los granos y por otras características morfológicas.

Manrique citado por Almeida (2012), señala que la coloración morada que presentan las plantas, corontas y pericarpio de los granos de maíz nativo son resultados del complejo trabajo realizado por muchos genes ubicados en diferentes cromosomas, lo que da como resultado la formación de pigmentos antocianicos de diferente color, los mismos que al combinarse forman el color morado (combinación de pigmentos rojos y azules).

El maíz morado es un gran antioxidante debido a su alto contenido de antocianinas (cianin-3- glucosa C3G que es su principal colorante) y compuestos fenólicos. Además, tiene propiedades funcionales y bioactivas (Oscanoa y Sevilla, 2010).

La mazorca del maíz morado está constituida por los granos y el marlo, en una proporción promedio de 80 y 20 por ciento respectivamente. La principal utilidad se debe a su propiedad colorante o tintórea, cuyo poder o capacidad de coloración se encuentra más concentrada en el marlo (Lavado *et al.*, 2013).

2.5 Composición química del maíz morado

En la composición química del grano de maíz morado se destaca el contenido de carbohidratos y proteínas. La coronta tiene una importante fracción de fibra, carbohidratos y minerales (Fernández, 1995; Risco, 2007). El detalle de la composición del grano y coronta de maíz morado se presenta en el Cuadro 1 y 2.

Cuadro 1: Composición química del maíz morado INIA-615 Negro Canaán (contenido en 100 gramos)

COMPONENTE	MAÍZ GRANO	CORONTA
Humedad	1,67	2,33
Proteína	9,26	4,38
Extracto Etéreo (%)	22,18	30,55
Energía (Kcal/100gr)	496,70	694,53
Cenizas totales (%)	1,89	0,35
Carbohidratos	65,01	62,40

Fuente: Laboratorio y nutrición de la UNSCH citado por Fernández (2009).

Cuadro 2: Composición química de maíz morado PMV-581, INIA-615 Negro Canaán, INIA-601 Negro Cajamarca

Componentes	Resultados de análisis físico/químico		
	PMV-581	INIA - 615 Negro Canaán	INIA - 601 Negro Cajamarca
% Kcal proveniente de carbohidratos	78,6	78,4	79,5
% Kcal proveniente de grasa	12,0	11,0	11,4
% Kcal proveniente de proteínas	9,4	10,6	9,1
Carbohidratos (g/100 g de muestra original)	72,2	71,9	69,2
Energía Total (kcal/100 g de muestra original)	367,3	366,9	348,0
Proteína (g /100 g de muestra original)(fact: 6.25)	8,6	9,7	7,9
Cenizas (g/100 g de muestra original)	1,5	1,9	1,3
Grasas (g/100 g de muestra original)	4,9	4,5	4,4
Humedad ((g/100 g de muestra original)	12,8	12,0	17,2

FUENTE: Elaboración propia. Resultados de análisis de laboratorio La Molina Calidad Total, 2014.

2.6 Usos

Según los datos recogidos por diversos historiadores el maíz morado era empleado en la alimentación como bebida, con él se elaboraba la “chicha” que viene a ser una bebida fermentada. El uso de su extracto sufrió un cambio con el tiempo, así es como en la colonia por influencia de la repostería española y por el ingenio de las amas de casa criollas apareció la “mazamorra” y la “chicha morada” que tenían los sabores más exquisitos, (Fernandez, 1995).

El maíz morado es usado a nivel casero como colorante natural para la “mazamorra morada” y la “chicha”. A nivel industrial se usa para obtener colorante de la coronta, debido a su contenido de antocianinas. Dicho pigmento es usado a nivel industrial como insumo para la coloración de bebidas, productos lácteos, productos de panadería, productos vegetales, conservas de pescado, grasas, aceites, mermeladas, jaleas, frutas confitadas, frutas en almíbar, jarabes de frutas, sopas, almíbar; también se usa para teñir tejidos y en la industria de cosméticos. El grano se puede aprovechar para la extracción de almidones y/o derivados o en la elaboración de alimentos balanceados para animales (Risco, 2007). Debido a sus propiedades anticarcinogénicas y antioxidantes es

considerado como un cultivo atractivo para el mercado de alimentos funcionales y nutraceuticos (Bravo, 2009).

Presentan fitonutrientes (o fotoquímicos), que no son ni vitaminas ni minerales sino sustancias químicas o compuestos dentro los cuales podemos nombrar flavonoides, carotenoides, luteína, terpenos, antocianinas, sulfurorafanos, entre muchos otros. Los fitonutrientes se diferencian de las vitaminas y minerales porque carecen de valor nutricional, sin embargo, actúan como antioxidantes, protegiendo al ADN celular de los efectos dañinos oxidativos de los radicales libres y evitando mutaciones que podrían causar cáncer (Justiniano, 2010).

2.7 Investigaciones agronómicas en el cultivo de maíz morado

Benítez (1975), en una serie de trabajos realizados en el cultivo de maíz morado en la localidad de Carhuáz, encontró respuesta positiva a la fertilización nitrogenada y fosforada. También obtuvo respuesta positiva a la interacción nitrógeno y potasio en el cultivar morado ayacuchano; pero no encontró respuesta significativa a la interacción cultivar por fertilización entre los maíces seleccionados por precocidad.

Sordomez (1999), evaluó los efectos de la modalidad de riego y densidad de siembra en el rendimiento, sus componentes y morfología del cultivo de maíz morado PMV – 582, manejado bajo riego localizado de alta frecuencia. Empleó tres densidades de siembra (50 000, 75 000 y 100 000 plantas/ha). Logró un rendimiento máximo de mazorca igual a 5 320,19 y 5 018,74 kg/ha con las dos modalidades de riego. Concluye que el rendimiento se incrementa conforme la densidad aumenta para poblaciones de 75,000 y 100,000 plantas/ha.

Mondalgo (2002), realizó un comparativo de rendimiento de una Línea de maíz morado Negro INIA en tres fórmulas de fertilización N-P-K y dos densidades de siembra en la EEA Canaán de Ayacucho (2750 msnm). Reportó que la floración masculina ocurre a los 78 días y la floración femenina a los 87 días. Asimismo con el nivel 270-180-160 NPK logró un rendimiento de mazorca de 9,60 t/ha.

Mendizabal (2003), en un experimento realizado bajo condiciones de campo de la UNALM, evaluó el efecto del abono orgánico líquido biol, bioestimulantes y fertilización potásica sintética, en las características biométricas, rendimiento y en el contenidos de antocianina del maíz morado PMV-581. Los tratamientos aplicados con fuente de potasio sintético tuvieron mayores rendimientos.

Espinoza (2003), realizó una investigación sobre los efectos de la fertilización nitrogenada y densidad de plantas, en la morfología, rendimiento y componentes del rendimiento del cultivo de maíz morado variedad PMV – 581. Evaluó tres niveles de fertilización nitrogenada (80, 160 y 240 kg/N /ha y un testigo no fertilizado, con dosis de fósforo y potasio constante (80 y 120 kg/ha). Asimismo, probó cuatro densidades de plantas/ha (40000, 55000, 70000 y 85000). Para el factor fertilización el rendimiento promedio de maíz morado fue de 12,126 kg/ha con un nivel de 160 kg nitrógeno/ha y para el factor densidad de plantas el rendimiento de maíz morado fue de 12,482 kg/ha con una densidad de 85,000 plantas/ha.

Solano (1999), evaluó el efecto de la fertirrigación con NPK sobre el rendimiento y el contenido de antocianinas en tres variedades de maíz morado (Morado Canteño, PMV-581 de Huánuco y PMV-581 de Cañete), con cuatro niveles de fertilización NPK y un testigo sin fertilizar, con una densidad de 62 500 plantas/ha. En su investigación concluye que los mayores rendimientos de mazorca y coronta fueron superiores con el tratamiento 180-120-180 (N – P – K), con una producción de 4962 kg/ha y de 4498,7 kg/ha de promedio general en mazorca. Pero la mayor concentración de antocianinas fue con el tratamiento 180-120-180 (N – P – K) con 407,7 mg de Acys totales/100 g de coronta y para niveles de fertilización el mejor promedio fue 435.6 mg de Acys totales de coronta con el tratamiento 180-120-180, en la variedad PMV-581 proveniente de Cañete.

Ramos (2004) Evaluó el efecto de cuatro bioles y el bioestimulante Agrispon en el rendimiento en mazorcas granos y contenido de antocianinas del maíz morado PMV-581. No llegó alcanzar los rendimientos esperados (2 a 4 t/ha) solo obtuvo 1804,2 y

1360,9 kg/ha respectivamente para mazorca y grano con el bioestimulante Agrispon. El contenido de antocianinas extraídas de la coronta y mazorca el testigo superó a todos los tratamientos; mientras que en el grano con la aplicación de Biol alfalfa fue mejor.

Andrade (2006), evaluó el rendimiento de maíz morado PMV-582 empleando como fuentes de fertilización humus de lombriz, ekotron, compost, un testigo sin fertilizar y la dosis de fertilización 200-200-200 NPK. Los mayores rendimientos en grano, coronta y mazorca (5100, 7000 y 5900 kg/ha) se lograron con el Ekotron. Asimismo con el nivel de fertilización 200-200-200 encontró la mayor altura de planta y la mazorca con 2.5 m y 1.7 m respectivamente.

Paucarima (2007), evaluó la respuesta de maíz morado PMV-581 en cuatro fórmulas de abonamiento y tres densidades de siembra, bajo condiciones locales de la EEA Canaán Ayacucho. La floración masculina ocurrió entre los 77 y 80 días, la floración femenina entre los 86 y 89 días, la madurez fisiológica entre los 166 y 169 días y la madurez de cosecha entre los 187 y 188 días. Para longitud y peso de mazorca, diámetro y altura de tallo obtuvo los mayores valores con el nivel 290-160-240 de NPK (21,90 gr y 2,10 cm; 2,84 gr y 2,10 cm respectivamente). Asimismo con este nivel obtuvo el mayor peso de 1 000 semillas de la categoría primera y por consiguiente el mejor rendimiento logrado fue 5,41 t/ha comparada con los demás tratamientos.

Poma (2007), evaluó el efecto de la fertilización química y orgánica con y sin la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento de maíz morado PMV-581. Concluye que los tratamientos con fertilización química y fertilización orgánica que recibieron aplicación de EM obtuvieron mayor rendimiento de mazorca, coronta y granos a diferencia de los no tratados. La mayor intensidad de color value de las antocianinas en la coronta corresponde a los tratamientos de fertilización orgánica con aplicación de EM.

Rodríguez (2007), estudió en la variedad de maíz morado PMV-581, el efecto de la fertilización NPK con el nivel 160-80-160 kg/ha y la aplicación de ácidos húmicos (AH) con 300 l/ha con un testigo no fertilizado, en tres densidades de siembra (55 555;

65 555 y 75 555 plantas/ha). Halló el mayor rendimiento comercial de mazorcas con NPK + AH (7 293,5 kg/ha), seguido de NPK (7224,5 kg/ha) y el testigo (T0) 6 109,8 kg/ha).

Quispe *et al.* (2007), evaluó las características morfológicas y químicas de los cultivares TC, PMV - 581 y TJ de maíz morado, cultivados en el distrito de La Joya-Arequipa. Halló diferencias altamente significativas para altura de planta a los 8, 15, 30, 60, 90, 120 y 150 días después de siembra; diferencias significativas para peso de planta en la cosecha y los caracteres morfológicos: diámetro de mazorca, diámetro de coronta y peso de coronta. Asimismo encontró que en el análisis de antocianinas y fenoles totales de las corontas muestran diferencias significativas, sobresaliendo PMV-581; la actividad antioxidante en los tiempos 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos indica diferencias altamente significativas entre los extractos de las corontas y las soluciones estándar de ácido gálico y ácido ascórbico.

Cruzado (2008), evaluó el efecto de la fertilización fosforo-potásica sobre los componentes del rendimiento y contenido de antocianinas en la variedad de maíz morado PMV-581. Bajo condiciones del experimento no halló diferencias estadísticas significativas entre rendimiento de grano, coronta y mazorca. Los más altos rendimientos obtuvo con las dosis de fertilización 180-120-90 y 180-120-120 con 7633,80 y 7460,60 kg/ha de granos; 1558,00 y 1540,70 kg/ha de coronta y 9991,80 y 9001,20 kg/ha de mazorca. Asimismo con esos mismos niveles alcanzó mayor intensidad de color de 83,50 y 82,75 respectivamente.

Fernandez (2009), bajo condiciones de la Estación Experimental del INIA Canaán Ayacucho evaluó el efecto de una solución de Microorganismos Efectivos Naturales (MEN) en la solubilidad del fosfato de la roca fosfórica y el sílice de la diatomita, y la influencia de la aplicación de dosis crecientes de estos insumos en el rendimiento de la variedad de maíz morado INIA-615 Negro Canaán. Como resultado general obtuvo que la solución madre MEN tiene efecto solubilizante en la roca fosfórica y en la diatomita. Halló rendimientos de 8 840,8 y 8 662,20 kg/ha con índices de tinción de 4,69 y 4,67 respectivamente.

Mayorga, (2011) evaluó el rendimiento de maíz morado PMV-581 en dos niveles de fertilización nitrogenada (120 y 240 kg/ha de N más un testigo no fertilizado), con cuatro densidades de siembra (55 550; 65 555; 75 555 y 85 555 plantas/ha). El mayor rendimiento comercial por efecto de la aplicación de nitrógeno hallado fue 6051 kg/ha con el nivel de 120 kg/ha.

2.8 Aspectos relacionados con el pigmento antocianina

Quispe (2003), menciona que las antocianinas son colorantes pertenecientes a la familia de los flavonoides, y que estos están ampliamente distribuidos entre las flores, frutos (particularmente en las bayas) y son responsables del color brillante tal como el azul, rojo y morado.

El término antocianina deriva del griego Antho “flor” y cyanin “azul”, fue utilizado por Marquant en 1835 para designar los pigmentos azules de las flores. Más tarde se descubrió que no solo era el color azul, sino también el púrpura, violeta, magenta y todos los tonos de rojo, rosado, escarlata, que aparecen en muchas flores, frutos y algunas hojas y raíces de plantas lo que se deberían a pigmentos químicamente similares a las antocianinas de Marquant (Lock, 1997).

Nobuji *et al.* (1979), caracterizaron la antocianina presente en el maíz morado boliviano y encontraron que la longitud de onda máxima (339 nm) de aglycon fue idéntica a la cianidina. Consecuentemente, con la base de estas evidencias el mayor pigmento presente en granos y tusas del maíz morado fue identificado como cianidina 3-glucósido.

Estudios realizados en el maíz morado indican la presencia de antocianinas y que los colores atractivos como el naranja, rojo, morado y azul tienen un alto potencial para uso como colorantes naturales. El color y estabilidad de estos pigmentos antociánicos depende de varios factores como la estructura y concentración del pigmento, pH, temperatura, calidad e intensidad de luz a los que son sometidos (Quispe *et al.*, 2007).

Por su parte Fukamachi *et al.* (2008) afirman que el maíz negro se caracteriza por su alto contenido de antocianinas. Las antocianinas son compuestos fenólicos, flavonoides que se encuentran distribuidas en las plantas y son las responsables del color morado, azul y negro en frutas y vegetales.

Químicamente la materia colorante del maíz morado es la antocianina, que son glucósidos que se encuentran constituyendo el principio colorante responsable de los colores rojo, violeta, azul y púrpura que aparecen en las flores, frutos, hojas y otros tejidos de las plantas (Aurelio *et al.*, 2013).

El maíz morado se utiliza como alimento y colorante desde tiempos ancestrales y se caracteriza por presentar antocianinas del tipo cianidina-3-glucósido, pelargonidina-3-glucósido y peonidina-3-3,5 glucósido en mayor proporción en la coronta con bajos contenido de sólidos solubles, lo que facilita su uso a nivel industrial. Las antocianinas son sustancias activas de alimentos funcionales, nutraceuticos y medicamentos. (Gorriti *et al.*, 2007; Quispe *et al.*, 2007).

Un equipo de investigación de la universidad japonesa Doshisha, Kyoto, comprobó que el extracto de maíz morado incrementa la actividad de un gen que regula la función de las células grasas el cual previene las enfermedades cardiacas, obesidad y diabetes. Asimismo según la revista *Nutraceuticals World*, es un protector de la retina y estimulador de la circulación sanguínea (Risco, 2007).

2.9 Naturaleza química de las antocianinas

Delgado (1989), sostiene que las antocianinas son sales (Flavylium) derivados principalmente de las antocianidinas: Pelargonidina (I), Cianidina (II), Peonidina (III) Delfinidina (IV), Petunidina (V) y Malvidina (VI). La cianidina ocurre a nivel menos evolucionado. Las otras antocianidinas que ocurren en la naturaleza son derivados de una adición genética controlada, remoción o metilación del grupo hidroxilo en el anillo B o estructura Flavylium. La glicosidación de estos pigmentos en posiciones 3, 5 ó 7 o una combinación de estos resulta en la formación de antocianinas. El azúcar en la molécula le confiere solubilidad y estabilidad a las antocianinas.

2.10 Propiedades físico-químicas de las antocianinas

Fernández (1995), asevera que la gran variedad de colores, matices y tintes que ocurren en la naturaleza son el resultado de cierto número de factores. Si el pH es bajo los pigmentos son rojos, así la pelargonina es rojo naranja en solución ácida, mientras que la delphinidina es rojo azulino. A pH alto las antocianinas pasan a través de un color violeta hasta alcanzar un color azul.

El color de las antocianinas y antocianidinas resulta de la excitación de la molécula por la luz visible. La facilidad de la excitación de la molécula depende de la movilidad relativa de los electrones en la estructura. Los dobles enlaces que son abundantes en antocianinas y en antocianidinas, son excitados más fácilmente y su presencia es esencial para el color (Justiniano, 2010).

Rein (2005), citado por Sanchez (2013), indica que las antocianinas están consideradas dentro del grupo de los flavonoides y poseen un esqueleto $C_6 - C_3 - C_6$, característicos de los flavonoides.

2.11 Factores que influyen en la estabilidad y color de las antocianinas

El color y estabilidad de los pigmentos antociánicos en el maíz morado depende de varios factores, entre ellos son la 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, dióxido de azufre, entre otros (Quispe *et al.*, 2007).

Por la existencia del “electrón eficiente” los núcleos flavilium de las antocianinas son altamente reactivos; por lo tanto, sufren fácilmente cambios indeseables en la estructura y color bajo diversas condiciones de procesamiento y almacenamiento de productos alimenticios. La destrucción de antocianinas es acelerada por el incremento de pH,

presencia de oxígeno, la temperatura, ácido ascórbico, los azúcares y por algunas enzimas (Fernández, 1995).

Fennema citado por Justiniano (2010), afirma que los principales factores que influyen en la estabilidad y color de las antocianinas son:

Transformación Estructural y pH

La velocidad de degradación varía ampliamente entre las antocianinas debido a sus diversas estructuras. Generalmente el aumento de la hidroxilación disminuye la estabilidad, en tanto que el aumento de metiolación la incrementa. El color de los alimentos que contienen antocianinas ricas en las agliconas pelargonidina, cianidina o delphinidina es menos estable que los alimentos que contienen antocianinas ricas en las agliconas, petunidina y malvidina.

Temperatura

La estabilidad de las antocianinas en los alimentos se ve notablemente afectada por la temperatura. El grado de degradación de las antocianinas aumenta durante el procesamiento y almacenamiento conforme la temperatura aumenta

Oxígeno y Ácido Ascórbico

La naturaleza insaturada de las estructuras de antocianidina las convierte en susceptible al oxígeno molecular. El oxígeno disuelto tiene un efecto negativo en la estabilidad de las antocianinas. El efecto positivo de la eliminación del oxígeno para retener el color de las antocianinas se ha demostrado procesando zumos de frutas que contienen antocianinas en nitrógeno o al vacío.

Azúcares

Los azúcares a altas concentraciones, como ocurre en las conservas de frutas, estabilizan las antocianinas. Este efecto se cree que es debido a la disminución de la actividad del agua. Cuando los azúcares están presentes en condiciones lo suficientemente bajas como para tener poco efecto sobre la actividad del agua, ellos o sus productos de degradación pueden acelerar la degradación de las antocianinas

Enzimas

Se han identificado dos grupos de enzimas implicadas en la decoloración de las antocianinas: glicosidasa y polifenoloxidasa, en conjunto se les conoce como antocianinas. Las glicosidasas hidrolizan los enlaces glucosídicos dando el azúcar y la aglicona y las polifenoloxidasas actúan en presencia de o-difenol a o-benzoquinona, que a su vez reacciona con las antocianinas por un mecanismo no enzimático para formar antocianinas oxidadas y productos de degradación.

Metales

El Ca, Fe, Al y S ofrecen cierta protección a las antocianinas de los zumos de arándano americano, sin embargo, la decoloración azul y parda producido por los complejos metal-tanino contrarresta cualquier efecto beneficioso. Las antocianinas con grupos hidroxilo fenólicos vecinos pueden secuestrar diversos metales multivalentes. La formación de complejos produce el desplazamiento batocrómico hacia el azul. Las antocianinas cambian de color cuando forman complejos, quelatos o sales con iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, estaño, hierro o aluminio; con estos dos últimos producen coloraciones azules.

Copigmentación

La copigmentación (la condensación de antocianinas consigo mismas u otros compuestos orgánicos) puede acelerar o retardar la degradación, dependiendo de las circunstancias. Las antocianinas se condensan consigo mismas (autoasociación) para formar pilas helicoidales mediante atracciones hidrofóbicas y puentes de hidrógeno entre los núcleos de flavilo.

Luz

La luz afecta a las antocianinas de dos formas diferentes: es esencial para su biosíntesis, pero también acelera su degradación. Este efecto adverso fue demostrado en diversos zumos de frutas y en vino tinto. En los vinos se observó que los diglicósidos acilados, metilados, son más estables que los diglicósidos no acilados, los cuales a su vez son más estables que los monoglicósidos.

Dióxido de azufre

La reacción entre antocianina y dióxido de azufre ha sido ampliamente estudiada. Se cree que participa en la fijación de SO_2 en la posición C-4, el SO_2 en esta posición produce la pérdida de color.

2.12 Extracción de antocianinas

La materia colorante del maíz morado son las antocianinas de las cuales se han determinado, 3-glucósidos de cianidina, pelargonidina y peonidina, 3-galactosido de cianidina, libres y acilados, sin embargo, los volúmenes de producción aún no compiten con las enocininas (Lock, 1997).

Araujo (1995), menciona que las antocianinas se encuentran en el flujo vacuolar. Son pigmentos solubles en agua, los cuales son atractivos en el color de las flores, frutos y hojas coloreadas; variando desde rosado, pasando por rojo, violeta y azul.

Giles (2011) sostiene que las antocianinas son pigmentos solubles en agua, los cuales son largamente responsables del atractivo color de las flores, frutas y hojas coloreadas yendo desde rosado, pasando al rojo, violeta y azul. Debido a que ellas están ampliamente difundidas en la naturaleza, una gran cantidad es consumida por los hombres como alimentos y bebidas. Condori (2006), afirma que el contenido de antocianinas se evalúa de manera indirecta usando el método de Color Value test.

Del maíz peruano con presencia de antocianinas predominantemente en el pericarpio se han separado e identificado entre 8 y 11 antocianinas. Las encontradas en mayor proporción son: cianidina 3-glucósido, cianidina 3-(6"-malonil glucósido) y peonidina 3-glucósido. Otras antocianinas presentes en menor proporción son: peonidina 3-(6"-malonilglucósido), pelargonidina 3-glucósido, pelargonidina 3-(6"-malonilglucósido), además de dos isómeros, malonil y dimalonil (Aoki *et al.*, 2002).

Salinas *et al.*, (2013), afirma que el contenido y tipo de antocianinas en el grano de maíz varían de acuerdo con el color del grano y la concentración del pigmento en las distintas estructuras. Los granos de color rojo concentran las antocianinas en el pericarpio y en la capa de aleurona y poseen hasta 10 veces más antocianinas que los de grano azul/morado cuyas antocianinas se concentran solamente en la capa de aleurona.

2.13 Exportación del maíz morado

El Perú goza de condiciones geográficas y climáticas propicias para el cultivo de maíz morado, factores que en la práctica le permiten ser ofertante exclusivo de un producto fuertemente enraizado en la población peruana y que se perfila a la internacionalización debido a que se le atribuyen propiedades benéficas para la salud. Bajo un esquema de manejo adecuado del cultivo, la exportación de maíz morado y sus derivados presenta un fuerte potencial de crecimiento a mediano plazo que se sustenta en la creciente tendencia mundial a consumir productos distintos a los tradicionales, además de poseer propiedades nutritivas y benéficas para la salud (Chichizola *et al.*, 2007).

Las exportaciones peruanas de maíz morado durante el periodo 2008 – 2012, tuvieron como principal destino a EE.UU, el cual concentró el 92.12 por ciento del total de los envíos, seguidamente Alemania con el 4.21 12 por ciento en las importaciones de antocianina desde Perú (Sierra Exportadora, 2013).

Durante el año 2013 se exportaron 732 196,31 kg, y los principales destinos fueron Estados Unidos (46,65 por ciento), Chile (9,74 por ciento), Corea del Sur (8,61 por ciento), Ecuador (7,24 por ciento), España (6,64 por ciento), Japón (6,20 por ciento), Singapur (5,37 por ciento), y con porcentajes menores Italia, Venezuela, Países Bajos, Costa Rica, Canadá, Hong Kong, Francia, Reino Unido, Nueva Zelandia, Australia, Slovenia, Aruba, Suiza, México, Grecia, Bélgica, Panamá, Suecia, Bulgaria, Alemania, Nicaragua, Guyana, El Salvador, Qatar, Colombia, Rusia, Brasil, Antillas Holandesas y República Checa (Jara, 2014).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en los campos de cultivo de la Estación Experimental Agraria (EEA) Canaán-Ayacucho, ubicada en el distrito y provincia de Huamanga región Ayacucho. Las actividades en campo se desarrollaron desde el mes de Noviembre 2013 a Junio del 2014.

3.1.1 Ubicación geográfica:

Altitud	2735 msnm
Latitud Sur	12° 56' 22.8"
Latitud Oeste	74° 14' 51.5"
Distrito	Huamanga
Provincia	Huamanga
Región	Ayacucho

3.2 Características del suelo

3.2.1 Historial de campo

El predio donde se instaló el experimento en la campaña 2010/11 se sembró maíz morado; la campaña 2011/12 se instaló frejol Panamito, y en la campaña 2012/13 se instaló kiwicha.

Conforme a los resultados de análisis de suelos (cuadro 3) del área experimental, ubicada en el lote número uno de la EEA-Canaán-INIA, el suelo es de textura franco arcillo arenoso, con un pH ligeramente de reacción alcalina. Respecto a la fertilidad del suelo presenta un bajo nivel de materia orgánica, pobre contenido de N, pero con alta disponibilidad de fosforo y potasio.

Cuadro 3. Resultados del análisis químico de suelo, Canaán – INIA

MUESTRA		pH (1.1)	N %	MO %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textura
							Arena	Limo	Arcilla	
Laboratorio	Campo						%	%	%	
1	Lote 1	7.25	0.05	0.96	14.88	221.4	43.28	24	32.72	FrArA*

FUENTE: Elaboración propia. Resultados de análisis de Laboratorio de suelos EEA-INIA, Ayacucho (* FrArA= Franco Arcillo Arenoso)

3.3 Características del clima

En Huamanga Ayacucho, la temperatura oscila entre 18 y 23°C; la época lluviosa se presenta entre los meses de noviembre a marzo; en los meses de Junio a Julio la temperatura desciende con constantes heladas, lo que es un riesgo para los cultivos que están en terrenos abiertos sin cercos vivos (INIA, 2007).

El Cuadro 4, muestra que durante la conducción del experimento, la temperatura varió entre 6 y 28.6 °C, siendo la mínima en mayo (2014) y la máxima en Noviembre (2013). La humedad relativa varió entre 74.1 y 84.4 por ciento, siendo la mínima en Octubre (2013) y la máxima en Marzo (2014). La precipitación pluvial varió de 31.4 a 127.7 mm (542,5 de precipitación acumulada), registrándose la máxima en Diciembre y la mínima en Abril (2014). Las mayores horas de sol se registraron en el mes de Mayo (2014) con 200.2 horas y la mínima el mes de Diciembre con 80.6 horas. La velocidad del viento varió entre 1.5 y 2.8 m/s, siendo la máxima en Noviembre (2013) y la mínima en Mayo (2014).

Cuadro 4: Condiciones climatológicas registradas en la EEA-Canaán Ayacucho desde noviembre 2013 hasta mayo 2014

MES	PRECIPITACION (mm)	Tº MÍNIMA °C	Tº MÁXIMA °C	HUMEDAD %	HORAS DE SOL	VELOCIDAD (m/s)
Noviembre	61,10	8,00	28,60	71,50	6,80	2,80
Diciembre	127,70	8,20	28,00	79,80	3,10	2,00
Enero	117,20	7,60	27,80	81,70	5,50	2,10
Febrero	71,00	9,00	27,20	82,30	5,20	1,80
Marzo	118,90	8,20	28,20	84,40	4,80	1,80
Abril	31,40	7,20	27,00	78,00	5,50	1,80
Mayo	15,20	6,00	27,00	75,20	7,70	1,50

FUENTE: Elaboración propia. Datos Estación Hidrometeorológica de EEA Canaán-Ayacucho

3.4 Características del material genético

En el experimento se emplearon semillas mejoradas de maíz morado de las variedades INIA 615 – Negro Canaán y PMV-581:

Variedad PMV – 581: Variedad mejorada por el Programa de Investigación y Proyección Social de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se siembra desde los 800 a 2,000 msnm. Se caracteriza por presentar mazorcas con coronta completamente morada en su interior. Tiene precocidad intermedia (siete a ocho meses de periodo vegetativo), son plantas moradas de 2,00 a 2,40 m de altura y florea entre 100 a 120 días después de la siembra. Produce una o dos mazorcas (12 a 20 cm de longitud) implantadas en la longitud media del tallo. Su rendimiento potencial es de 8 t/ha (Condori, 2006).

Variedad INIA 615 - Negro Canaán: Variedad mejorada a partir de 36 colecciones de cultivares de la raza Kulli colectadas el año 1990 en las provincias de Huanta (22), Huamanga (8) y San Miguel (6); mejoradas por selección recurrente de medios hermanos durante nueve ciclos. Se adapta a las condiciones de los valles interandinos de la sierra desde los 2,000 hasta los 3,000 msnm. De ciclo vegetativo intermedio (cinco a

seis meses). La planta alcanza una altura de 228 cm y para siembra en sierra media su floración femenina ocurre entre los 84 a 93 días después de la siembra (Requis, 2012).

3.5 Características de los fertilizantes

Las fuentes de fertilización utilizadas en el experimento fueron: Urea (46%N), fosfato diamónico (18% N y 46% P₂O₅) y Potasio (60% K₂O)

3.6 Características del campo experimental

El campo experimental, fue establecido de la siguiente manera (Anexo 2).

- N° de tratamientos.....	8
- Distanciamiento entre surco.....	0,80 m
- Distanciamiento entre plantas.....	0,40 m
- Largo de la parcela.....	6,00 m
- Ancho de parcela	3,20 m
- N° surcos/parcelas	4
- Longitud del surco.....	6,40 m
- Área neta de la parcela.....	20,48 m ²
- Ancho de calles.....	1,20 m
- Numero de bloques.....	4
- Área de bloque.....	163,84 m ²
- N° de parcelas.....	32
- Área neta total.....	655,36 m ²
- Área total.....	808,96 m ²

En un área total 808.96 m² se diseñó cuatro bloques separados por calles de 1,20 m de ancho. En cada bloque se marcaron ocho parcelas de 6,0 m de largo por 4,4 m de ancho. Cada parcela estaba formada por 4 surcos con un distanciamiento de 0,80 m entre

surcos y 0,40 m entre golpes. El área de cada parcela fue de 20,48 m². En total se tuvo 16 golpes por surco haciendo un total de 64 golpes por parcela.

En la siembra se colocaron 4 semillas por golpe, posteriormente se realizó el desahije dejando 2 plantas por golpe, por lo tanto la densidad final fue de 62 500 plantas/ha.

3.7 Otros materiales

- Demarcación del área experimental: estacas, cordeles, yeso y croquis del área a marcar.
- Toma de datos fenológicos en campo: libreta de apuntes, regla y una cámara fotográfica digital.
- Cosecha: Aguja despancadora, costales de tela limpia, balanza y mantadas para el secado.
- Análisis de intensidad de color de la coronta: Desgranadora manual, bolsas de papel, tijera de podar, baldes, molino o triturador de coronta, escobilla de limpieza, tazas o fuentes de plástico, bolsas de plástico, etiquetas de papel, balanza de digital, metanol, ácido hidroclicórico y otros más que se usaron en el laboratorio.
- Determinación de la humedad de la tusa: Detector de humedad Modelo Kett Electric Laboratory.
- Determinación de la humedad del grano: Detector de humedad Modelo PM – 6050 – 3B.
- Y otros materiales utilizados: regla de madera graduada, etiqueta de papel, engrampadora, lampa recta, insecticidas, cartillas de evaluación, etc.

3.8 Metodología

El manejo y conducción de campo experimental fue similar al de un campo comercial. Los resultados obtenidos en campo fueron procesados en gabinete y para el análisis estadístico se utilizó el programa SAS versión 9.2.

3.8.1 Factores en estudio

Los cuatro niveles de fertilización fueron definidos en base a información de especialistas del INIA y productores locales de maíz morado de Ayacucho. El nivel f_1 (18-46-30 de NPK) fue definido en base al promedio de uso de los pequeños productores, quienes aplican bajos niveles de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos complementados con enmiendas orgánicas (estiércol de ganado vacuno, aves de corral y ganado ovino). El nivel f_2 (120-90-60) fue elegido en base a la recomendación del boletín informativo de Maíz INIA 615-Negro Canaán (INIA, 2007; Requis, 2012) quienes recomiendan aplicar el nivel de fertilización 120-90-60 y/o 120-80-60 NPK, de acuerdo a la fertilidad promedio de los suelos de la región Ayacucho y se debe incorporar por lo menos 5 t/ha de guano de corral descompuesto o 10 sacos de guano de isla para obtener rendimientos superiores a 5 t/ha. Los niveles f_3 y f_4 fueron definidos con fines de estudio comparativo manteniendo el mismo nivel de N e incrementando los niveles de P_2O_5 y K_2O .

En el Cuadro 5 y 6, se muestra los niveles de fertilización y variedades empleados en el experimento.

Cuadro 5: Niveles de fertilización (f)

Niveles	N – P_2O_5 – K_2O
f_1	18 - 46 – 30
f_2	120 - 90 – 60
f_3	120 - 110 – 80
f_4	120 - 120 – 100

Con respecto a la procedencia de las semillas de maíz morado utilizados en el experimento la variedad INIA 615-Negro Canaán fue adquirida de la EEA Canaán Ayacucho; el material genético procedía de los campos semilleros de la EEA-INIA muy cercano al campo experimental; mientras, que la variedad PMV-581 fue proporcionado por el Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la UNALM.

Cuadro 6: Variedades (v)

Niveles	Variedades
v ₁	PMV-581
v ₂	INIA – 615 Negro Canaán

3.8.2 Tratamientos

El Cuadro 7, muestra los tratamientos generados por la combinación de los dos factores en estudio variedades (V) y nivel de fertilización (F), cada uno con sus respectivos niveles, así como su aleatorización en los cuatro bloques.

Cuadro 7: Distribución de tratamientos en estudio

Entrada	Tratamientos	Bloques			
		I	II	III	IV
T ₁	v ₁ f ₁	108	201	308	402
T ₂	v ₁ f ₂	107	202	302	405
T ₃	v ₁ f ₃	106	206	306	406
T ₄	v ₁ f ₄	105	205	303	403
T ₅	v ₂ f ₁	102	208	304	404
T ₆	v ₂ f ₂	101	207	305	401
T ₇	v ₂ f ₃	103	204	307	407
T ₈	v ₂ f ₄	104	203	301	408

3.8.3 Diseño experimental

El experimento fue conducido bajo el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de dos variedades y cuatro niveles de fertilización (2Vx4F). La combinación de los niveles generó ocho tratamientos con cuatro bloques. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan al 0,05 de probabilidad.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + V_i + F_j + (VF)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, v$ (variedad)

$j = 1, 2, \dots, f$ (fertilización)

$k = 1, 2, \dots, r$ (repetición)

Y_{ijk} = Observación de la i -ésima variedad con el j -ésimo nivel de fertilización en la k -ésima repetición.

μ = Media general

V_i = Efecto de la i -ésima variedad

F_j = Efecto del j -ésimo nivel de fertilización

$(VF)_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i -ésima variedad con el j -ésimo nivel de fertilización

ε_{ijk} = Error Experimental

En el Cuadro 8, se muestra el análisis de varianza simple.

Cuadro 8: Análisis de Variancia (ANVA)

Fuente de Variación	GL	E.C.M
Bloque	$r-1=3$	$\sigma_e^2 + VF\sigma_e^2$
Tratamiento	$vf-1=7$	
Variedad (V)	$v-1=1$	$\sigma_e^2 + f r \sum (V)_i^2 / GL_V$
Nivel de fertilización (F)	$f-1=3$	$\sigma_e^2 + v r \sum (F)_j^2 / GL_F$
VF	$(v-1)(f-1)=3$	$\sigma_e^2 + r \sum (VF)_{ij}^2 / GL_{VF}$
Error	$(vf-1)(r-1)=21$	σ_e^2
Total	$vfr-1=31$	

3.8.4 Instalación del experimento

A continuación se describe las labores realizadas durante la conducción del presente trabajo de investigación. Se debe resaltar que el manejo fue similar en todo el campo.

a. Preparación del terreno y surcado

La preparación de terreno fue realizada con maquinaria agrícola (tractor) facilitada por la EEA del INIA. Primero se pasó un arado de discos seguido de rastra para el desterronado, mullido y nivelado del terreno. El surcado fue realizado en forma manual.

b. Demarcación y estacado del terreno

Esta labor se realizó el 12 de Noviembre del 2013. De acuerdo al croquis previamente elaborado del experimento, se procedió a la demarcación de los bloques, parcelas, calles, bordes de cabecera y laterales respectivamente.

c. Siembra

La siembra se realizó el 12 de noviembre del 2013, con un distanciamiento de 0.80 m entre surcos, y 0.40 m entre golpes, depositando cuatro semillas por golpe a una profundidad aproximada de 5 cm. Luego utilizando herramientas manuales se procedió al tapado de las semillas.

d. Desahije

Se realizó cuando las plantas tenían entre 20 y 25 cm. de altura, dejando en cada golpe dos plantas (las más vigorosas).

e. Abonamiento

Los fertilizantes fueron empleados de acuerdo a los niveles de abonamiento especificado para cada tratamiento. Como fuentes de fertilización fueron utilizados fertilizantes sintéticos: urea (46% de K_2O); fosfato diamónico (18 % de N y 46 % de P_2O_5) y cloruro de Potasio (60% de K_2O). De acuerdo a los niveles de fertilización establecidos para cada tratamiento en la siembra se utilizó todo el fósforo y potasio y el 50 por ciento y en el primer aporque se aplicó la otra mitad de nitrógeno.

f. Riegos

No se realizó ningún riego complementario, por haber colapsado el sistema de riego de la EEA Canaán. El cultivo estuvo supeditado a la precipitación de lluvias de temporada.

g. Deshierbo

Esta labor se realizó oportunamente de acuerdo al desarrollo del cultivo para evitar la competencia de las malezas en la absorción de fertilizantes, y otros factores asociados al rendimiento. El primer deshierbo se realizó en forma manual aprovechando el primer aporque y la aplicación de la segunda dosis de nitrógeno, posteriormente el segundo deshierbo se realizó en plena floración del maíz aprovechando el segundo aporque.

h. Aporque

Se realizó en dos oportunidades y en forma manual. La primera el 19 de diciembre del 2013; con la ayuda de un azadón una porción considerable de tierra se llevó a la base de cada planta para evitar el tumbado por el viento y otorgar mejor anclaje a las raíces adventicias; previa a esta labor se aplicó la segunda dosis de N con urea agrícola. El segundo aporque se realizó el 30 de enero del 2014 utilizando azadones con la finalidad de otorgar mayor estabilidad a las plantas y controlar malezas remanentes.

i. Control de plagas

Se realizó en el momento oportuno y de acuerdo a las evaluaciones técnicas en campo. Se utilizó los insecticidas Furadan 48 FW a una dosis de 0.5 lt/ha mezclada con Cyperklyn 25 EC a una dosis de 250 ml/ha para controlar el cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) y gusano mazorquero (*Helycoverpa zea*).

j. Cosecha

La cosecha se realizó el 14 de mayo del 2014 en una sola etapa considerando la madurez de cosecha. Esta labor se hizo en forma manual cosechando las mazorcas de los dos surcos centrales de cada tratamiento. Se utilizó costales de tela y herramientas despalcadoras.

3.9 Variables evaluadas en el experimento

3.9.1 Evaluación de variables biométricas

La evaluación de variables biométricas se realizó en base al manual gráfico para la descripción varietal de maíz (Carballo, 2010), la lista de descriptores de maíz (IBPGR, 1991) y los descriptores mínimos varietales del INIA (Estrada et al. 2006).

- **Germinación:** Se evaluó el porcentaje de germinación promedio a cada unidad experimental, se contó el número de plantas germinadas a los 7 días después de la siembra.
- **Días a la floración femenina:** Se evaluó en los dos surcos centrales de cada tratamiento. Se registró el número de días transcurridos desde la siembra al estado cuando más del 50 por ciento de plantas comenzaron a florear.
- **Días a la floración masculina:** Se consideró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50 por ciento de las plantas presentaron las panojas desprendiendo polen (Paucarima, 2007).
- **Altura de planta:** Se realizó medidas en cada unidad experimental a 10 plantas tomadas en los dos surcos centrales, desde el cuello de la planta, hasta el nudo de la última hoja, expresado en cm.
- **Altura de mazorca:** Se efectuaron mediciones a 10 plantas tomadas en los dos surcos centrales, desde el nivel del suelo de planta hasta la posición de la mazorca superior en cm, (Estrada *et al.*, 2006).

- **Longitud de Mazorca:** Se realizó mediciones en 10 mazorcas en los dos surcos centrales de cada unidad experimental, desde la base de la mazorca con panca hasta presencia del último grano en la parte distal de dicha mazorca, en el momento de la cosecha, expresado en cm.
- **Diámetro de mazorcas:** Se tomó mediciones en 10 mazorcas al azar de cada unidad experimental, en el tercio inferior de la mazorca con panca, en el momento de la cosecha, expresado en cm. Se tomó como referencia las recomendaciones de la IBPGR (1991). Se mide en la parte central de la mazorca más alta.

3.9.2 Evaluación de variables agronómicas

- **Número de granos por hilera:** Este carácter se determinó contando el número de granos por hilera promediados de 10 plantas tomadas al azar de los dos surcos centrales del experimento. Al respecto la IBPGR (1991), recomienda contar las hileras de granos en la parte central de la mazorca más alta.
- **Número de hileras por mazorca:** Se determinó contando el número de hileras de 10 mazorcas de los dos surcos centrales promediando los valores posteriormente.
- **Peso de grano y tusa (mazorca):** Se realizó el pesado de 10 mazorcas, considerando granos y tusas.
- **Peso de grano:** Se evaluó después de la cosecha en mazorcas con 14 por ciento de humedad aproximadamente. Este valor correspondió a la diferencia del peso total de grano y tusa, tomadas de 10 mazorcas tomadas al azar de los dos surcos centrales de cada parcela del experimento.

- **Peso de tusa o coronta:** Se tomó 10 mazorcas a los que se les retiró los granos, utilizando únicamente la coronta en un 14 por ciento de humedad aproximadamente expresado en gramos.

Rendimiento en peso de mazorcas por hectárea: En cada unidad experimental se procedió a pesar todas las mazorcas cosechadas y se determinó el peso de éstas expresada en kilogramos por hectárea.

3.9.3 Evaluación de contenido de antocianina

Método de pH diferencial.

Se utilizó este método de acuerdo a los procedimientos establecidos por la AOAC (2005). El pH diferencial es un método basado en esta reacción que permite una rápida y exacta medida de la antocianina total, incluso en la presencia de pigmentos degradados polimerizados y de otros compuestos interferentes. Las absorbancias fueron medidas a 520 y 700 nm, y no deben ser superiores a 0,7 ni menores a 0.1

El contenido de antocianinas totales se calculó de la siguiente manera:

Pigmento antocianina

$$(\text{en equivalentes de cianidina-3-glucósido, mg / L}) = \frac{A \times MW \times DF \times 10^3}{\epsilon \times l}$$

Donde:

$$A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \text{ pH } 1.0 - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \text{ pH } 4,5$$

$$MW \text{ (Peso molecular)} = 449.2 \text{ g / mol para cianidina-3-glucósido (CYD-3-glu)}$$

$$DF = \text{factor de dilución establecidos en D}$$

$$l = \text{longitud del camino en cm}$$

ϵ = 26 900 coeficiente de extinción molar, L/mol/cm, cyd-3-glu
 10^3 = factor de conversión de g a mg.

Una vez cosechada las mazorcas de cada tratamiento se dejaron secar al medio ambiente hasta obtener mazorcas secas con un promedio de 7 – 8 por ciento de humedad, para así evitar el contagio por algunos agentes fungosos como es el caso de hongos, que podría bajar la calidad del color del producto.

Para la determinación de la intensidad de color de la coronta, se separó los granos de las corontas y se seleccionaron separándolas por cada tratamiento. Se dejaron secar al medio ambiente hasta obtener un porcentaje de humedad menos de 8 por ciento; luego se procedió a molerlas y después se continuó con el siguiente protocolo.

Se determinó la absorbancia de la muestra de corontas de maíz morado diluida con solución tampón C(a) de pH 1,0 y una sustancia tampón C (b) de pH 4,5 tanto a 520 y 700 nm. La muestra diluida en porciones de ensayo se tomó lecturas comparadas con una celda en blanco llena de agua destilada. Luego se procedió a medir la absorbancia dentro de 20 a 50 minutos de la preparación. La razón para la medición de la absorbancia a 700 nm fue corregir la bruma. Sin embargo, si la porción de muestra diluida era excesivamente turbia, se aclaró por centrifugación o filtración antes de la medición.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de variables biométricas

4.1.1 Emergencia

En campo se alcanzó esta etapa cuando más del 50 por ciento de la población de plantas presentaron el coleóptilo al nivel del suelo. En el ensayo se alcanzó esta fase a los siete días después de la siembra, similar a lo reportado por Justiniano (2010).

4.1.2 Días a la floración masculina

En el Cuadro 9, en el análisis de varianza no se encontró diferencias significativas para bloques, variedades, fertilización y la interacción variedad por niveles de fertilización, la no significancia de la interacción nos indica que los niveles de fertilización no fue influenciada por la variedad o la variedad no estuvo influenciada por los niveles de fertilización, cada factor con un comportamiento independiente. El promedio fue 90.56 días, y el coeficiente de variabilidad 1.30 por ciento.

Cuadro 9: Análisis de varianza para días a la floración masculina (días)

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloque	3	5,12	1,71 ns
Variedades (V)	1	2,00	2,00 ns
Niveles de fertilización (F)	3	0,38	0,13 ns
VF	3	1,00	0,33 ns
Error	21	29,38	1,40
Total	31	37,88	
CV (%)	1,31		
Promedio	90,56		

ns= no significativo, *significativo $\alpha=0,05$, ** altamente significativo $\alpha=0,01$

Al realizar la prueba de comparación de medias Duncan al 0.05 de probabilidad (Cuadro 10), no se encontró diferencias significativas entre variedades, ambas variedades resultaron estadísticamente iguales. La floración masculina en la variedad PMV-581 ocurrió a los 90,31 días después de la siembra y en la variedad INIA-615 Negro Canaán a los 90,81 días, ambos valores son estadísticamente iguales.

Cuadro 10: Prueba de Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento para variedades en promedio de nivel de fertilización para días a la floración masculina (días)

Variedad	PROMEDIO	
	Días a la floración masculina	
INIA-615 Negro Canaán 581 (v_2)	90,81	a
PMV- 581 (v_1)	90,31	a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

La comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad Cuadro 11, entre niveles de fertilización no se encontró diferencias significativas. Los valores obtenidos resultaron estadísticamente iguales con los cuatro niveles de fertilización. Con los niveles f_1 , f_3 y f_4 La floración masculina ocurrió en promedio a los 90,50 días después de la siembra y con el nivel f_2 a los 90,75 días. En experimentos realizados bajo condiciones locales de Canaán-INIA- Ayacucho, Mondalgo (2002) reportó que en el maíz morado de la línea

INIA Canaán, la floración masculina se presentó a los 78,5 días; por su parte Fernández (2009), reportó que la floración masculina en la variedad INIA-615 Negro Canaán ocurre entre los 82,7 y 86,7; De la Cruz (2009) en su estudio de determinación de madurez fisiológica y calidad de semilla de maíz morado con dos densidades de siembra, afirma que en la variedad PMV-581 la floración masculina sucede entre los 92 y 93,50 días después de la siembra; Paucarima (2007), en su experimento realizado en Canaán Ayacucho de respuesta de maíz morado PMV 581 a cuatro fórmulas de abonamiento afirma que la floración masculina ocurre entre los 77 y 80 días después de la siembra; finalmente, Huamán (2001), afirma que en el maíz morado la floración masculina ocurre entre los 79,85 y 80 días después de la siembra. En el experimento la floración masculina se presentó más tarde comparando con los reportes de Mondalgo (2009), Fernandez (2009), Paucarima (2007) y Huamán (2001), quienes instalaron sus experimentos en la primera quincena de enero; pero, resultó algo más precoz frente a lo reportado por De la Cruz (2009).

Cuadro 11: Prueba de Comparación de medias Duncan al 0.05 de probabilidad para nivel de fertilización en promedio de variedades para días a la floración masculina (días)

Nivel de Fertilización	Promedio	
	Días a la floración masculina	
120 - 90 - 60 (f ₂)	90,75	a
18 - 46 - 30 (f ₁)	90,50	a
120 - 110 - 80 (f ₃)	90,50	a
120 - 120 - 100 (f ₄)	90,50	a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

4.1.3 Días a la floración femenina

En el análisis de varianza del cuadro 12, no se halló diferencias estadísticas significativas para bloques, variedades, fertilización y la interacción variedad por niveles de fertilización. Al no ser significativa en su interacción nos demuestra que en los niveles de fertilización no hubo influencia de la variedad o la variedad tampoco fue

influenciada por los niveles fertilización, entonces cada factor se comportó de manera independiente. El promedio de días a la floración femenina fue 97,87 días, y el coeficiente de variabilidad fue de 0,93 por ciento.

Cuadro 12: Análisis de varianza para días a la floración femenina (días)

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloque	3	0,50	0,18 ns
Variedades (V)	1	1,13	1,13 ns
Fertilización (F)	3	3,25	1,08 ns
VF	3	7,13	2,38 ns
Error	21	17,50	0,83
Total	31	29,50	
CV (%)	0,93		
Promedio	97,87		

ns= no significativo, *significativo $\alpha = 0,05$, ** altamente significativo $\alpha = 0,01$

En el cuadro 13 se observa la comparación de medias mediante Duncan al 0,05 de probabilidad, donde no se observa diferencias significativas entre las variedades en promedio de los niveles de fertilización, las dos variedades respondieron con resultados iguales. La floración femenina en la variedad PMV-581 ocurrió a los 98,06 días después de la siembra y en la variedad INIA-615 Negro Canaán a los 97,69 días, ambos valores estadísticamente son iguales.

Cuadro 13: Comparación de medias Duncan para variedades en promedio de nivel de fertilización para días a la floración femenina (días)

Variedad	Promedio
	Días a la floración femenina
PMV-581 (v_1)	98,06 a
INIA-615 Negro Canaán (v_2)	97,69 a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

La comparación de medias Duncan al 0.05 de probabilidad cuadro 14, nos indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de fertilización. Se puede inferir que no hubo influencia de los niveles de fertilización aplicados en el experimento, la floración femenina ocurrió entre los 97,50 y 98,38 días después de la siembra con los cuatro niveles aplicados. En experimentos realizados con la variedad INIA-615 Negro Canaán bajo condiciones locales de Canaán Ayacucho, Fernandez (2009) en su estudio del efecto de la aplicación de roca fosfórica y diatomita incubada en microorganismos, reportó que la floración femenina se presenta entre los 96,3 y 98,0 días después de la siembra; mientras que De la Cruz (2009), en su experimento de determinación de la madurez fisiológica y calidad de semilla de maíz morado en dos densidades de siembra y dos momentos de siembra, afirma que la floración femenina ocurre entre los 100 y 101,62 días después de la siembra, y Paucarima (2007) afirma que la floración femenina en la variedad PMV-581 se presenta entre los 86 y 89 días. En el experimento La floración femenina ocurrió más tarde comparado con los reportes de Paucarima (2007), similares a los reportes de Fernandez (2009), y más temprano que los resultados hallados por De La Cruz (2009).

Cuadro 14: Prueba de comparación de medias Duncan al 0.05 por ciento de probabilidad para nivel de fertilización en promedio de variedades para días a la floración femenina.

Nivel de Fertilización	Promedio	
	Días a la floración femenina	
120 - 90 - 60 (f ₂)	98,38	a
120 - 120 - 100 (f ₄)	97,88	a
18 - 46 - 30 (f ₁)	97,75	a
120 - 110 - 80 (f ₃)	97,50	a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

4.1.4 Altura de planta

En el análisis de variancia para la variable altura de la planta (cuadro 15), no se halló diferencias significativas para bloques, variedades, niveles de fertilización y su interacción variedad en niveles de fertilización. Esta condición de no significativo en su interacción nos indica que cada factor tuvo un comportamiento independiente. El promedio hallado de altura de planta fue de 2,05 m y un coeficiente de variabilidad de 7,33 por ciento.

Cuadro 15: Análisis de variancia para altura de planta (m)

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloques	3	0,222	0,007 ns
Variedades (V)	1	0,006	0,006 ns
Fertilización (F)	3	0,031	0,010 ns
VF	3	0,150	0,050 ns
Error	21	0,474	0,023
Total	31	0,684	
C.V (%)	7,33		
Promedio	2,05		

ns= no significativo, *significativo $\alpha=0,05$, ** altamente significativo $\alpha=0,01$

Al efectuar la comparación de medias mediante Duncan al 0,05 de probabilidad Cuadro 16, no se encontró diferencias significativas entre las variedades PMV-581 e INIA-615 Negro, cuyos valores estuvieron entre 2,06 m y 2,04 m respectivamente. Ambos valores halados son estadísticamente similares.

Cuadro 16: Comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad de variedades en promedio de nivel de fertilización para altura de planta (m)

Variedad	Promedio
	Altura planta (m)
PMV-581 (v_1)	2,06 a
INIA-615 Negro Canaán (v_2)	2,04 a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

La comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad Cuadro 17, muestra la ausencia de diferencias significativas entre niveles de fertilización, los valores encontrados resultaron estadísticamente iguales con los cuatro niveles de fertilización. El mayor promedio de altura logrado fue con el nivel f_1 (18-46-30) con 2,09 m de altura y el menor promedio de altura fue con el nivel f_4 (120-120-100) con 2,01 m. Paucarima (2007), reportó 2,84 m, como la mejor respuesta a la variable altura de planta con la fórmula de abonamiento f_4 (290-140-240); Manrique (1999) afirma que la variedad PMV-581 logra un promedio de 2,00 m de altura para siembras en sierra media. Cruzado (2008) reportó un promedio de 1,95 m, con el nivel 180-120-60 y concluye que las diferencias encontradas se deben a la dosis de fertilización, y que conforme aumenta la dosis de fosforo la respuesta de la variable altura de planta se hace cada vez mayor. El resultado logrado en el experimento es menor al de Paucarima (2007) y muy aproximados a los resultados reportados por Manrique (1999) y Cruzado (2008).

Cuadro 17: Comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad de nivel de fertilización en promedio de variedades para altura de planta (m)

Nivel de Fertilización	Promedio	
	Altura planta	
18 - 46 - 30 (f_1)	2,09	a
120 - 90 - 60 (f_2)	2,05	a
120 - 110 - 80 (f_3)	2,05	a
120 - 120 - 100 (f_4)	2,01	a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

4.1.5 Altura de mazorca

En el análisis de varianza Cuadro 18, no se encontró diferencias estadísticas significativas para bloque, variedad, fertilización y su interacción variedad por niveles de fertilización. La no significación de la interacción nos demuestra que los niveles de fertilización no estuvieron influenciados por el comportamiento varietal o viceversa, teniendo cada factor un comportamiento autónomo. El promedio de altura de mazorca hallado fue 1,33 m con un coeficiente de variabilidad de 6,12 por ciento.

- 43959

Cuadro 18: Análisis de varianza para altura de mazorca (m)

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloque	3	0,013	0,005
Variedades (V)	1	0,002	0,002
Fertilización (F)	3	0,014	0,005
VF	3	0,032	0,011
Error	21	0,138	0,007
Total	31	0,200	
CV (%)	6,12		
Promedio	1,33		

ns= no significativo, *significativo $\alpha = 0,05$, ** altamente significativo $\alpha = 0,01$

El Cuadro 19, muestra que ambas variedades son estadísticamente iguales puesto que no se halló diferencias significativas entre ellas. El promedio de altura de mazorca en la variedad PMV-581 fue 1,33 m y la variedad INIA-615 Negro Canaán con 1,32 m.

Cuadro 19: Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad de variedades en promedio de nivel fertilización para altura de mazorca (m)

Variedad	Promedio
	Altura mazorca
PMV-581 (v_1)	1,33 a
INIA-615 Negro Canaán (v_2)	1,32 a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

En la comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad Cuadro 20, entre los niveles de fertilización no se hallaron diferencias significativas para la variable altura de mazorca, los cuatro niveles de fertilización resultaron estadísticamente asimiles. Se

puede inferir que los niveles de fertilización no tuvieron ninguna influencia en la altura de mazorca, siendo más la prevalencia de la característica varietal y las condiciones climáticas durante el desarrollo del experimento. Los valores hallados resultaron inversamente proporcional a los niveles de fertilización aplicados: 1,36 m con el nivel f_1 (18-46-30); seguido del nivel f_2 con 1,32, y los niveles f_3 y f_4 alcanzaron el mismo valor de 1,31 m. Cruzado (2008), en su trabajo experimental determinó un promedio de 1,20 m de altura de mazorca en la variedad v_1 para condiciones locales de La Molina; mientras que para condiciones de Canaán Ayacucho Fernandez (2009), reportó que la altura de mazorca de la v_2 varía entre 1,15 m con el tratamiento T_1 (testigo) y 1,31 m con el tratamiento T_{10} (500-100 kg/ha de roca fosfórica y diatomita. Ambos resultados son menores a lo hallado en el experimento; sin embargo, en otros trabajos de investigación realizados en Canaán Ayacucho Pinto (2002) y Huamán (2007) reportaron resultados aproximados a lo hallado en el presente trabajo de investigación obtuvieron (1,39 m y con 1,37 m respectivamente).

Cuadro 20: Prueba de Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad de nivel de fertilización en promedio de variedades para altura de mazorca (m)

Nivel de Fertilización	PROMEDIO	
	Altura mazorca	
18 - 46 - 30 (f_1)	1,36	a
120 - 90 - 60 (f_2)	1,32	a
120 - 110 - 80 (f_3)	1,31	a
120 - 120 - 100 (f_4)	1,31	a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

4.1.6 Longitud de Mazorcas

En los resultados del análisis de varianza Cuadro 21, no se encontró diferencias significativas para bloques variedades, fertilización y su interacción variedad en niveles de fertilización. Se puede afirmar que la no interacción se debe a que ambas variables tuvieron un comportamiento autónomo sin influencia alguna entre ellos. El

promedio de longitud de mazorca hallado fue 13,25 cm con un coeficiente de variabilidad de 7,98 por ciento.

Cuadro 21: Análisis de varianza para longitud de mazorca (cm)

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloques	3	2,12	0,08 ns
Variedades (V)	1	0,43	0,43 ns
Fertilización (F)	3	3,27	1,09 ns
VF	3	5,01	1,67 ns
Error	21	24,42	1,16
Total	31	35,25	
CV (%)	7,98		
Promedio	13,25		

ns= no significativo, *significativo $\alpha=0,05$, ** altamente significativo $\alpha=0,01$

Efectuada la prueba de comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad (Cuadro 22) no se encontró diferencias significativas entre variedades, ambas resultaron ser estadísticamente iguales. Los valores promedio hallados fueron 13,64 cm con la variedad INIA-615 Negro Canaán, y 13,41 cm con la variedad PMV-581.

Cuadro 22: Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad para variedades en promedio de niveles de fertilización para longitud de mazorca (cm)

Variedad	Promedio
	Longitud de mazorca
INIA-615 Negro Canaán (v ₂)	13,64 a
PMV-581 (v ₁)	13,41 a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

Al efectuar la prueba de comparación Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad (Cuadro 23) no se encontraron diferencias significativas entre niveles de fertilización, estadísticamente los cuatro niveles resultaron ser iguales. El mayor promedio de longitud de mazorca hallado fue 13,81 cm con el nivel f_3 (120 – 110 – 80) y el menor promedio con el nivel f_2 (120 - 90 - 60) con 12,99 cm. En una serie de trabajos experimentales realizadas bajo condiciones de Canaán Ayacucho, Paucarima (2007), para la PMV-581 obtuvo el mayor promedio de longitud de mazorca con el nivel f_4 (290-140-240); mientras que Roca (1992), reportó que el ecotipo local de maíz morado asociado con frejol alcanzó una longitud de 14,9 y 15,20 cm y en monocultivo 15,20 cm; asimismo, Huamán (2001) menciona que la línea de maíz morado INIA en monocultivo alcanzó 11,92 cm. Los valores alcanzados en el experimento fueron aproximados a los hallados por Huamán (2001) y Paucarima (2007), y menores al obtenido por Roca (1992).

Cuadro 23: Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad para niveles de fertilización en promedio de variedades para longitud de mazorca (cm)

Nivel de Fertilización	Promedio	
	Longitud de mazorca	
120 – 110 - 80 (f_3)	13,81	a
120 – 120 – 100 (f_4)	13,71	a
18 - 46 – 30 (f_1)	13,58	a
120 - 90 - 60 (f_2)	12,99	a

. Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

4.1.7 Diámetro de Mazorcas

Al efectuar el análisis de varianza Cuadro 24, no se halló diferencias estadísticas significativas para bloque, variedad, fertilización y su interacción variedad en niveles de fertilización. La no significación de la interacción nos indica que los niveles de

fertilización no es influenciada por la variedad o viceversa, teniendo cada factor un comportamiento independiente. El promedio de diámetro de mazorca obtenido fue 4,11 cm con un coeficiente de variabilidad de 9,16 por ciento.

Cuadro 24: Análisis de varianza para diámetro de mazorcas (cm)

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloque	3	0,46	0,15ns
Variedades (V)	1	0,36	0,36ns
Fertilización (F)	3	0,16	0,05ns
VF	3	0,25	0,08ns
Error	21	2,97	0,14
Total	31	4,20	
CV (%)	9,16		
Promedio	4,11		

ns= no significativo, *significativo $\alpha=0,05$, ** altamente significativo $\alpha=0,01$

La comparación de medias mediante Duncan al 0,05 de probabilidad Cuadro 25, no se encontró diferencias significativas entre variedades, siendo ambas estadísticamente iguales. El mayor promedio de diámetro de mazorca fue de 4,21 cm con la variedad INIA-615 Negro Canaán y el menor promedio 4,00 cm con la variedad PMV-581.

Cuadro 25: Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad de variedades en promedio de niveles de fertilización para diámetro de mazorca (cm)

Variedad	Promedio
	Diámetro de mazorca (cm)
INIA – 615 Negro Canaán (v_2)	4,21 a
PMV – 581 (v_1)	4,00 a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

El Cuadro 26, muestra que al efectuar la comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad, entre los niveles de fertilización no se encontró diferencias significativas, los valores obtenidos resultaron estadísticamente iguales con los cuatro niveles de fertilización. El mayor valor promedio de diámetro de mazorca fue 4,20 con el nivel f_3 (120.110.80) y el menor valor promedio fue 4,01 cm con el nivel f_2 (120-90-60); sin embargo, todos los niveles resultaron estadísticamente iguales. Al respecto, Poma (2007) para condiciones locales de La Molina reportó un promedio general de 4,6 cm para la variedad PMV-581; y Cruzado (2009) reportó 4,82 cm bajo las mismas condiciones y variedad. Los resultados obtenidos en el experimento son inferiores a los obtenidos por los autores antes mencionados, probablemente influenciados por el comportamiento de las variedades, nivel de fertilización y las condiciones climáticas.

Cuadro 26: Comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad de nivel de fertilización en promedio de variedades para diámetro de mazorca (cm)

Nivel de Fertilización	PROMEDIO	
	Diámetro de mazorca (cm)	
120 - 110 - 80 (f_3)	4,20	a
120 - 120 - 100 (f_4)	4,14	a
18 - 46 - 30 (f_1)	4,08	a
120 - 90 - 60 (f_2)	4,01	a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

4.2 Evaluación de variables agronómicas

4.2.1 Número de granos por hilera

En el análisis de varianza cuadro 27, no se hallaron diferencias significativas entre bloque, variedades, fertilizantes y su interacción variedad en niveles fertilización. El hecho de que los niveles de fertilización no estuvieran influenciadas por la variedad o la variedad no es influenciada por los niveles fertilización se debe a la no significación de

la interacción, teniendo cada factor un comportamiento independiente. El promedio de número de granos por hilera hallado fue 21,49 con un coeficiente de variabilidad de 11,95 por ciento. Cruzado (2008) en la variedad PMV-581 no encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y reportó un promedio de 27,80 granos/hilera con un 5,90 por ciento de coeficiente de variabilidad.

Cuadro 27: Análisis de varianza para número de granos por hilera

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloque	3	8,31	2,77 ns
Variedades (V)	1	2,03	2,03 ns
Fertilización (F)	3	13,22	4,41 ns
VF	3	3,19	1,06 ns
Error	21	138,39	6,59
Total	31	165,13	
CV (%)	11,95		
Promedio	21,49		

ns= no significativo, *significativo $\alpha=0,05$, ** altamente significativo $\alpha=0,01$

En la comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad (Cuadro 28), no se encontró diferencias significativas entre variedades, resultando ambas estadísticamente iguales. El mayor promedio de número de granos por hilera fue de 21,74 granos con la variedad INIA-615 Negro Canaán y el menor promedio fue de 21,23 con la variedad PMV-581.

Cuadro 28: Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad de variedades en promedio de niveles de fertilización para número de granos por hilera.

Variedad	Promedio	
	Nº de granos por hilera	
INIA – 615 Negro Canaán (v ₂)	21,74	a
PMV – 581 (v ₁)	21,23	a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

Al efectuar la prueba de comparación Duncan Cuadro 29, no se halló diferencias significativas entre niveles de fertilización en promedio de variedades, todos los niveles resultaron estadísticamente iguales en los valores obtenidos. El mayor valor fue 22,16 granos por hilera con el Nivel f_3 (120-110-80) y el menor promedio 20,44 con el nivel f_2 (120-90-60). En un experimento realizado con la variedad PMV-581, Cruzado (2008) reportó que con el tratamiento T5 (180-120-60) logró 28,73 granos/hilera como el promedio superior con respecto a los demás tratamientos. Por otro lado en experimentos realizados bajo condiciones locales de Canaán Ayacucho con la variedad INIA 615 Negro Canaán, Fernandez (2009) reportó 26,40 como el mayor promedio de granos por hilera con el tratamiento T12 (500-400 kg/ha de RF y Diatomita) y el menor promedio 21,28 con el tratamiento T1 (testigo sin fertilización) y Enciso (2005) reportó 24,7 y 25,7 como el menor y mayor promedio de granos por hilera. Los resultados alcanzados en el experimento son menores a los logrados por Cruzado (2008), Fernandez (2009) y Enciso (2005), probablemente a la influencia de las condiciones climáticas adversas durante las etapas de formación y llenado de granos (en la v_1 y v_2 , los granos en etapa crítica de formación y llenado pudieron haberse reabsorbido por falta de agua).

Cuadro 29: Comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad de niveles de fertilización en promedio de variedades para número de granos por hilera.

Nivel de Fertilización	Promedio	
	Nº de granos por hilera	
120 - 110 - 80 (f_3)	22,16	a
120 - 120 - 100 (f_4)	21,81	a
18 - 46 - 30 (f_1)	21,53	a
120 - 90 - 60 (f_2)	20,44	a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

4.2.2 Número de hileras por mazorca

El Cuadro 30, muestra que en el análisis de variancia no existen diferencias significativas entre bloques, variedades, niveles de fertilización y su interacción variedad en niveles de fertilización. La no significancia nos muestra que ambas variedades no fueron influenciadas por los cuatro niveles de fertilización, o los niveles de fertilización no fueron influenciados por las variedades de acuerdo a los tratamientos establecidos en el estudio, teniendo cada factor un comportamiento autónomo. El promedio el número de hileras por mazorca hallado fue 10,28 con un coeficiente de variabilidad 6,45 por ciento.

Cuadro 30: Análisis de varianza para número de hileras por mazorca

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloque	3	0,97	0,32ns
Variedades (V)	1	0,91	0,91ns
Fertilización (F)	3	0,42	0,14ns
VF	3	0,28	0,95ns
Error	21	9,24	0,44
Total	31	1,83	
CV (%)	6,45		
Promedio	10,28		

ns= no significativo, *significativo $\alpha = 0,05$, ** altamente significativo $\alpha = 0,01$

La prueba de comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad mostrada en el Cuadro 31, nos indica que entre las variedades no se encontró diferencias significativas, resultando ambas estadísticamente iguales. La variedad INIA-615 Negro Canaán alcanzó 10,45 hileras, mayor a la variedad PMV-581 que resultó con 10,11 hileras/mazorca. Cruzado (2008), bajo condiciones locales de La Molina en la variedad PMV-581 obtuvo en promedio 10,10 hileras/mazorca.

Cuadro 31: Prueba de comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad para variedades en promedio de nivel de fertilización para número de hileras por mazorca.

Variedad	Promedio	
	N° de hileras por mazorca	
INIA – 615 Negro Canaán (v ₂)	10,45	a
PMV – 581 (V ₁)	10,11	a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

Al efectuar la comparación de medias (Cuadro 32), entre niveles de fertilización no se encontró diferencias significativas, los cuatro niveles resultaron estadísticamente iguales. Con el nivel de fertilización f_1 (18 - 46 - 30) se alcanzó el mayor promedio frente a los demás tratamientos con 10,48 hileras/mazorca y el con el nivel de fertilización f_4 (120 - 120 - 100) se obtuvo 10,18 hileras/mazorca como el menor promedio con respecto a los demás tratamientos. Relacionado al tema, Fernández (2009) en su trabajo de investigación realizada en la EEA Canaán - INIA reportó que el número de hileras por mazorca en la variedad INIA-615 Negro Canaán varió entre 10,0 con el tratamiento T11 (500-300 kg/ha de RF y Diatomita) hasta 10,58 unidades con el tratamiento T8 (1000-200 kg/ha de RF y Diatomita). En otros trabajos de investigación realizados bajo similares condiciones locales en maíz morado, Huamán (2007) reportó 9,76 hileras para la influencia de guano de isla en la variedad Negro INIA y Pinto (2001) reportó para la misma variedad un promedio de 10,45 hileras, y finalmente De La Cruz (2009) reportó que la variedad PMV-581 alcanzó un promedio de 10,96 hileras por mazorca. El resultado alcanzado en el experimento resultó ser menor a los reportes de Pinto (2001) y De la Cruz (2009); mientras que fue aproximado al resultado de Fernandez (2009) y mayor a lo reportado por Huamán (2007).

Cuadro 32: Prueba de comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad para nivel de fertilización en promedio de variedades para número de hileras por mazorca.

Nivel de Fertilización	Promedio	
	Nº de hileras por mazorca	
18 - 46 - 30 (f ₁)	10,48	a
120 - 90 - 60 (f ₂)	10,25	a
120 - 110 - 80 (f ₃)	10,23	a
120 - 120 - 100 (f ₄)	10,18	a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

4.2.3 Peso de mazorca, grano y tusa

En los Cuadros 33, 34 y 35, se puede observar que en análisis de varianza para las variables peso de mazorca, grano y tusa no se halló diferencias significativas para bloques, niveles de fertilización y la interacción variedad fertilización; pero, se encontró diferencias significativas en variedades para las variables peso de mazorca y granos. Los promedios encontrados fueron: Peso de mazorca 90,63 gr con 20,48 por ciento de coeficiente de variabilidad; peso de grano 74,34 g con 22,59 de coeficiente de variabilidad y para la variable peso de tusa 16,91 g con un coeficiente de variabilidad de 19,81 por ciento.

Cuadro 33: Análisis de varianza para peso de mazorca en (g)

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloque	3	620,25	206,75ns
Variedades (V)	1	2 926,13	2 926,13*
Fertilización (F)	3	844,75	281,58ns
VF	3	740,13	246,71ns
Error	21	7 236,25	344,58
Total	31	12 367,50	
C.V (%)	20,48		
Promedio	90,63		

ns= no significativo, *significativo $\alpha = 0,05$, ** altamente significativo $\alpha = 0,01$

Cuadro 34: Análisis de varianza para peso de granos en (g)

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloque	3	446,35	148,78 ns
Variedades (V)	1	2 363,28	2 363,28*
Fertilización (F)	3	664,09	221,36 ns
VF	3	499,59	166,36 ns
Error	21	5 923,90	282,09
Total	31	9 897,22	
C.V (%)	22,59		
Promedio	74,34		

ns= no significativo, *significativo $\alpha = 0,05$, ** altamente significativo $\alpha = 0,01$

Cuadro 35: Análisis de varianza para peso de tusa en (g).

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloque	3	13,09	4,37 ns
Variedades (V)	1	30,03	30,03 ns
Fertilización (F)	3	31,34	10,45 ns
VF	3	66,59	22,20 ns
Error	21	235,67	11,22
Total	31	376,72	
C.V (%)	19,81		
Promedio	16,91		

ns= no significativo, *significativo $\alpha = 0,05$, ** altamente significativo $\alpha = 0,01$

El Cuadro 36, muestra que al realizar la comparación de medias Duncan al 0,05 para la variable peso de mazorca existe diferencias significativas entre las variedades INIA-615 Negro Canaán y PMV- 581; pero, resultaron iguales estadísticamente para las variables peso de grano y tusa. El mayor promedio de peso de mazorca, grano y tusa se alcanzó con la variedad INIA-615 Negro Canaán con 100,18; 82,94 y 17,88 g respectivamente, y el menor promedio con la variedad PMV-581 con 81,06; 65,75 y 15,94 g respectivamente.

Cuadro 36: Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad para variedades en promedio de niveles de fertilización para peso de mazorca, grano y tusa (g)

Variedad	Peso promedio		
	Mazorca	Grano	Tusa
INIA-615 Negro Canaán (v ₂)	100,19 a	82,94 a	17,88 a
PMV-581 (V ₁)	81,06 b	65,75 a	15,94 a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

En el Cuadro 37, se observa que al realizar las pruebas de comparación de medias Duncan al 0,05 no se hallaron diferencias significativas entre niveles de fertilización para las variables peso de mazorca, grano y tusa, los valores obtenidos resultaron estadísticamente iguales con los cuatro niveles de fertilización. El mayor peso promedio de mazorca fue 95,63 g con el nivel f₁ (18 - 46 -30) y el menor 82,25 g con el nivel f₂ (120 - 90 -60); para la variable peso de grano el mayor valor fue 78,38 g con el nivel f₃ (120-110-80) y el menor valor promedio fue 67,13 g con el nivel f₂ (120 - 90 - 60). Con relación a la variable peso de tusa el mejor promedio hallado fue con el nivel f₁(18-46-30) con 18,00 g y el menor promedio con el nivel f₂ (120-90-60) con 15,38 g. En un trabajo experimental realizado por Mayorga (2011), bajo condiciones de La Molina (UNALM) evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada y densidad de siembra en el peso promedio de la variedad PMV-581, afirma que con los niveles N₃: 240 kg/ha, N₂: 120 kg/ha y N₁ con 0 kg/ha obtuvo pesos promedio de 84,32, 82,50 y 77,60 g respectivamente. Comparando con los resultados obtenidos en el experimento la variedad INIA-615 Negro Canaán resultó superior con 100,19 g de peso promedio de mazorca a lo reportado por Mayorga (2011); mientras, que con los resultados logrados con la variedad PMV 581 en promedio se aproximan. Por los resultados obtenidos se puede inferir que para el peso de mazorca, grano y tusa los niveles más altos de fertilización (f₂, f₃ y f₄) no tuvieron efectos significativos frente al nivel f₁ en el incremento de peso, posiblemente porque los fertilizantes aplicados no pudieron ser absorbidos en forma eficiente por la planta por la característica del suelo ligeramente alcalina y por la escasa disponibilidad de agua ocurrida en la fase reproductiva de llenado de granos de las mazorcas.

Cuadro 37: Prueba de comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad para nivel de fertilización en promedio de variedades para peso de mazorca (g), grano (g) y tusa (g).

Nivel de Fertilización	Peso promedio en gramos		
	Mazorca	Grano	Tusa
18 - 46 - 30 (f ₁)	95,63 a	78,13 a	18,00 a
120 - 110 - 80 (f ₃)	94,75 a	78,38 a	16,75 a
120 - 120 - 100 (f ₄)	89,38 a	73,75 a	17,50 a
120 - 90 - 60 (f ₂)	82,25 a	67,13 a	15,38 a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

4.2.4 Rendimiento en peso de mazorcas por hectárea (t/ha)

El cuadro 38 muestra que en el análisis de varianza no se encontró diferencias significativas para bloques, nivel de fertilización, así como para su interacción variedad por niveles de fertilización; sin embargo, si se halló significancia para variedades. Debido a la no significancia de la interacción se puede inferir que el comportamiento de los factores variedad y nivel de fertilización fueron autónomos sin influencia alguna entre ambos. El peso promedio para tratamientos fue 3,23 t/ha con un coeficiente de variabilidad de 22,26 por ciento.

Cuadro 38: Análisis de varianza para rendimiento de mazorcas en t/ha

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloques	3	1,18ns	0,39 ns
Variedades (v)	1	6,38ns	6,38*
Fertilización (f)	3	3,57ns	1,19 ns
VF	3	1,86ns	0,62 ns
Error	21	10,84ns	0,52
Total	31	23,82ns	
C.V (%)	22,26		
Promedio	3,23		

ns= no significativo, *significativo $\alpha=0,05$, ** altamente significativo $\alpha=0,01$

En la comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad Cuadro 39, se halló diferencias significativas entre variedades. La variedad INIA-615 Negro Canaán resultó con un rendimiento de 3,67 t/ha, y la variedad PMV-581 con 2,78 t/ha. Se puede inferir que la diferencia es por el comportamiento intrínseco varietal. La variedad PMV-581 se adapta y expresa muy bien su potencial de rendimiento hasta los 2 600 msnm, el mismo pudo ser afectado puesto que el experimento fue realizado a 2 730 msnm.

Cuadro 39: Comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad par variedades en promedio de fertilización para rendimiento de mazorca (t/ha)

Nivel de Fertilización	Promedio Rendimiento
INIA – 615 Negro Canaán (v ₂)	3,67 a
PMV – 581 (v ₁)	2,78 b

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

Resultado de la prueba de comparación de medias Duncan al 0.05 de probabilidad cuadro 40, se observa diferencias estadísticas significativas entre niveles de fertilización. El rendimiento más alto obtenido fue 3,69 t/ha con el nivel de fertilización f₃ (120-110-80), seguido por los niveles de fertilización f₄ y f₂ siendo iguales estadísticamente los tres niveles, y el rendimiento más bajo fue 2,78 t/ha con el nivel de fertilización f₁ (18-46-30) que resultó estadísticamente igual a los niveles de fertilización f₄ y f₂. Solano (1999) en su trabajo de investigación realizada en la UNALM sobre el efecto de la fertirrigación con NPK sobre el rendimiento y el contenido de antocianinas en tres variedades de maíz morado (Morado Canteño, PMV-581 de Huánuco y PMV-581 de Cañete), reportó 4,96 t/ha como el mayor rendimiento con el tratamiento T₂ (120-180-120); por otro lado bajo condiciones de la Estación Experimental del Canaán-INIA, Paucarima (2007) en su experimento de evaluación de la respuesta de maíz morado PMV-581 en cuatro fórmulas de abonamiento reportó rendimientos de 10,08 t/ha y bajo las mismas condiciones locales Fernandez (2009) en su ensayo de evaluación del efecto de una solución de Microorganismos Efectivos Naturales (MEN) en la solubilidad del fosfato de la roca fosfórica y el sílice de la diatomita, y la influencia de la aplicación de dosis crecientes de estos insumos en el

rendimiento de la variedad de maíz morado INIA-615 Negro Canaán, reportó rendimientos de 8,84 en la variedad INIA 615-Negro Canaán; sin embargo, Requis (2007) e INIA (2012) para las mismas condiciones locales y variedad reportaron rendimientos promedio de 4,50 y 4,21 t/ha respectivamente. En el experimento los rendimientos alcanzados resultaron muy bajos con respecto a los reportados por Paucarima (2007) y Fernandez (2009); sin embargo los rendimientos alcanzados en el experimento con la v_2 fueron los más aproximados en promedio a los resultados y reportes de Solano (1999), Requis (2007) e INIA (2012), resultando la v_1 con 2,78 t/ha como el más bajo rendimiento alcanzado comparado con todos los experimentos reportados. Se puede concluir que no se logró alcanzar un resultado superior al promedio estimado para Ayacucho de 4,21 t/ha (INIA, 2012), posiblemente porque durante la etapa crítica de la fase reproductiva (floración y llenado de granos) las plantas soportaron stress hídrico por la escasa precipitación pluvial sumada a las altas temperaturas durante el día. Como se observa el reporte meteorológico (cuadro 40) la precipitación acumulada del mes de febrero fue 71 mm, siendo (etapa de floración) el más bajo comparado con los demás meses. No se pueden realizar riegos complementarios debido al colapso del canal de riego que abastecía agua al campo experimental. Al respecto Risco (2007), menciona que para las distintas variedades y ecotipos locales de maíz morado, la fase de floración es el periodo más crítico, factor que determina el cuajado y la cantidad de producción obtenida y se deben realizar riegos complementarios que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado.

Cuadro 40: Comparación de medias Duncan al 0.05 de probabilidad de nivel de fertilización en promedio de variedades para rendimiento de mazorca en (t/ha).

Nivel de Fertilización (N - P ₂ O ₅ - K ₂ O)	Promedio rendimiento
120 - 110 - 80 (f ₃)	3,69 a
120 - 120 - 100 (f ₄)	3,35 a b
120 - 90 - 60 (f ₂)	3,09 a b
18 - 46 - 30 (f ₁)	2,78 b

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

4.3 Evaluación del contenido de antocianina

Al efectuar el análisis de varianza cuadro 41, para la variable contenido de antocianina en bloques, variedades e interacción variedad fertilización no se halló diferencias significativas; sin embargo, para niveles de fertilización se encontró significancia. El no haber hallado significación de la interacción nos muestra que para el contenido final de antocianina los niveles de fertilización no estuvieron influenciados por las variedades o viceversa, teniendo cada factor una actuación autónoma. El promedio de antocianina en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g de muestra fue 12,99 con un coeficiente de variabilidad de 1,75 por ciento.

Cuadro 41: Análisis de varianza para contenido de antocianina en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g de muestra.

Fuente de variación	GL	SC	CM
Bloque	1	0,17	0,17ns
Variedades (V)	1	0,07	0,07ns
Fertilización (F)	3	1,13	0,38*
VF	3	0,38	0,07ns
Error	21	0,36	0,05
Total	31	1,94	
C.V (%)	12,99		
Promedio	1,75		

ns= no significativo, *significativo $\alpha = 0,05$, ** altamente significativo $\alpha = 0,01$

La comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad cuadro 42, no se halló significancia entre las variedades, siendo ambos estadísticamente iguales. Con mayor valor en el contenido de antocianina resultó la variedad Negro Canaán con 1,82 frente a 1,67 de la variedad PMV-581.

Cuadro 42: Comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad de variedades en promedio de niveles de fertilización para contenido de antocianina (mg/100g de muestra)

Nivel de Fertilización	Promedio antocianina
INIA – 615 Negro Canaán (v ₂)	1,82 a
PMV – 581 (v ₁)	1,67 a

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

En la comparación de medias Duncan al 0,05 por ciento de probabilidad Cuadro 43, se encontró diferencias significativas entre los niveles de fertilización. El mayor valor de contenido de antocianina en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g de muestra fue 2,21 con el nivel de fertilización f₂ (120-110-80), seguido por los niveles f₄ y f₃ y que resultaron estadísticamente iguales, y el menor contenido fue 1,55 con el nivel f₁ (18-46-30), que resultó estadísticamente diferente al nivel f₂, y similar a los niveles f₄, y f₃.

Cuadro 43: Comparación de medias Duncan al 0,05 de probabilidad de niveles de fertilización en promedio de variedades para contenido de antocianina (mg/100g de muestra)

Nivel de Fertilización	Promedio contenido de antocianina (mg/100g de muestra)
120 - 110 - 80 (f ₂)	2,21 a
120 - 120 - 100 (f ₄)	1,64 a b
120 - 90 - 60 (f ₃)	1,62 a b
18 - 46 - 30 (f ₁)	1,55 b

Los valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes

Justiniano (2010), producto de su trabajo de investigación realizada en la UNALM reportó resultados de intensidad del color de corontas de la variedad maíz morado PMV-581 en diferentes estados de desarrollo, obtuvo el mayor valor con el tratamiento T₁ (Cosecha en el estado de grano dentado), cuya intensidad de color fue de 59,25,

mientras que el menor valor fue con el tratamiento T₈ (Cosecha a los 30 días después de la madurez fisiológica) con 34,75 de intensidad de color value. Por otro lado en diversos ensayos realizados con la variedad INIA-615-Negro Canaán, bajo condiciones ambientales de la Estación Experimental del INIA Canaán Ayacucho, Fernández (2009) en su investigación de aplicación de roca fosfórica y diatomita incubadas en microorganismos reportó que el índice de tinción varía de 4,11 con el tratamiento T₈ (1000 – 200 kg.Ha⁻¹ de RF y diatomita) hasta 4,69 con el tratamiento T₉ (500 -0 kg.Ha⁻¹ de RF y diatomita); mientras que Huaman (2007), en su investigación sobre influencia del guano de isla en el rendimiento reporta haber obtenido un promedio de 4,45 de índice de tinción, cuyo resultado es inferior al obtenido por Fernandez (2009) con 4,69 y a su vez esta es inferior al resultado obtenido por Pinto (2002) en su trabajo de selección mazorca hilera modificada en maíz morado Negro, realizado en la EEA- INIA Ayacucho, quien obtuvo un promedio de 4,71. Con los resultados antes mencionados no se pudo establecer un nivel de comparación puesto que en el presente experimento el contenido de antocianina está expresado en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g de muestra, mientras que Justiniano (2010), Fernandez (2009), Huamán (2007) y Pinto (2002) expresaron sus resultados en índice de tinción para medir el contenido de antocianina.

Con relación a los resultados obtenidos en el experimento, las diferencias en el contenido de antocianina, pudieron haber sido influenciados por influencia de la expresión varietal, nivel de fertilización y por las condiciones medioambientales durante la etapa experimental.

V. CONCLUSIONES

Bajos las condiciones en que se llevó acabo el presente trabajo de investigación y de acuerdo a los objetivos propuestos se concluye:

- El mejor rendimiento de mazorca y contenido de antocianina se alcanzó con la variedad INIA-615-Negro Canaán con 3,67 t/ha y 1,82 en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g
- Con el nivel de fertilización f_3 (120-110-80 de NPK) se encontró el mayor rendimiento de mazorcas 3,69 t/ha y con el nivel de fertilización f_2 (120-110-80) se obtuvo el mejor contenido de antocianina en equivalentes de cianidina-3-glucósido mg/100g 2,21
- No se halló interacción entre los factores variedad por nivel de fertilización, la no significancia indica que cada factor actuó de forma independiente.

VI. RECOMENDACIONES

1. Replicar el experimento empleando la dosis de fertilización f_3 (120-110-80) y f_4 (120-120-100) bajo las mismas condiciones locales a fin de obtener resultados concluyentes.
2. Socializar los resultados del presente experimento recomendando a los productores el uso de la variedad INIA-615 Negro Canaán con el nivel de fertilización f_3 (120-110-80) por el mayor rendimiento y contenido de antocianina logrado.
3. Realizar un comparativo de eficiencia de asimilación de fertilizantes en la variedad INIA-615 Negro Canaán y su influencia en el contenido final de antocianinas con dosis crecientes de P y K. con la incorporación complementaria de distintas enmiendas orgánicas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Abanto, W; Medina, A; Injante, P. 2014. Boletín Informativo – INIA, maíz INIA 601. Programa Nacional de Innovación Agraria en maíz. EEA baños del Inca Cajamarca.

Almeida, J. 2012. Extracción y caracterización del colorante natural del maíz negro y determinación de su actividad antioxidante. Tesis para optar el título de Ing. Agroindustrial. Quito, Ecuador. EPN. 127 p.

Andrade, C. 2006. Efecto de las fuentes orgánicas: humus de lombriz, compost y la sustancia húmica Ekotron en el rendimiento de grano de maíz morado. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Lima-Perú. UNALM. 93p.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2005. Official methods of analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.

Aoki, H; kuze, N; y kato . 2002. Anthocyanins isolated from purple corn (*Zea mays* L.). foods & food ingred. J. Jpn. 199 p.

Araujo, J. 1995. Estudio de extracción del colorante de maíz morado (*Zea mays* L.) con el uso de enzimas. Tesis de post grado, especialidad de Tecnología de Alimentos. Lima, Perú UNALM. 103 p.

Aurelio, M.; Guevara, L.; Robles, R. 2013. El maíz morado como materia prima industrial. Revista de la facultad de ingeniería industrial. UNSM. 2013. Consultado el 14/11/2013. Disponible en página web: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v16_n1/pdf/a10v16n1.pdf

Bartolini, R. 1989. El riego y sus principios basicos. Tomo I.

Benitez, J. 1975. Funciones de producción y óptimo económico para el N y P en el cultivo de maíz. Tesis de grado. UNALM. Lima, Perú.

Bonilla, M. 2009. Manual de recomendaciones técnicas del cultivo de maíz. INTA, Costa Rica. 72 p.

Bonner, J. y Galston, A. 1967. Principles of plant physiology. Quinta edición. San Francisco, California. 485 p.

Bravo, A. 2009. Caracterización morfológica y molecular de accesiones de maíz negro mediante análisis de secuencias simples repetidas. Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de ingeniería en procesos biotecnológicos. Quito, Diciembre 2009. 58 p.

Carballo, C. A. 2010. Manual gráfico para la descripción varietal en maíz (*Zea mays* L.). Colegio de post graduados en ciencias agrícolas. SAGARPA. 2da edición. México. 70 p.

Catalán, W. 2012. Guía técnica “Manejo integrado en el cultivo de maíz amiláceo” Cusco, Perú. OAEPS-UNALM y Agrobanco. 30 p.

Chichizola, J.; López, E.; Navarro, J. M.; Salinas, F. 2007. Plan de negocios: “acopio, procesamiento y exportación de maíz morado”. Trabajo aplicativo final presentado. EPG. UAP. Arequipa, Perú. 115 p.

Chura, J. 2010. Diseños experimentales. UNALM. Lima, Perú. 152 p.

Condori, S. 2006. Evaluación de líneas s1 de maíz morado (*Zea mays* l.) provenientes de la variedad PMV-581. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Lima, Perú. 98 p.

Cruzado, L. 2008. Efecto de la fertilización fosforo - potásica en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* l). Tesis para optar el título de Ing. agrónomo. Lima, Perú. UNALM. 87 p.

Delgado, E. 1989. Ensayos sobre el uso de microencapsulantes en el secado por atomización de concentrado de maíz morado (*Zea mays* L.). Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima – Perú. 150 pp.

De la Cruz, E. 2009. Determinación de la madurez fisiológica y calidad de semilla de maíz morado (*Zea mays* L.) en dos densidades de siembra y dos momentos de siembra, Canaán 2750 msnm. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Huamanga, Ayacucho. UNSCH.

Deras, H. 2012. Guía técnica el cultivo de maíz. IICA- MAG, El Salvador. 40 p.

DIA (Dirección de Información Agraria – Ayacucho, PE). 2014. Producción agrícola regional, 2002-2013. Dirección de Extensión Agraria y Estudios Económicos de la DRA- Ayacucho. Boletín informativo. 73 p.

Enciso, L. 2005. Influencia de la densidad de plantas en el rendimiento de dos variedades de maíz morado (*Zea mays* l.) y frijol reventón (*Phaseolus vulgaris* l.) Canaán a 2760 msnm. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho, Perú.

Espinoza, F. 2003. Efecto de la fertilización nitrogenada y densidad especial en el cultivo de maíz morado PMV-581 (*Zea mayz* L.) bajo R.L.A.F goteo. Tesis Post grado. Especialidad Producción Agrícola. UNALM. Lima Perú.

Estrada, R.; Medina, T. y Roldan, A. 2006. Manual para caracterización in situ de cultivos nativos. Conceptos y procedimientos. Lima, Perú. 167 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT), 2011. Ahorrar para crecer. Guía para los responsables de políticas de intensificación de

la producción sostenible de la producción agrícola en pequeña escala. Roma-Italia. 100 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2012. Los fertilizantes y su uso. Segunda edición. Roma, Italia. 77 p.

Fernandez, N. A. 1995. Estudio de la extracción y pre - purificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays L.*). Tesis Ing. En Industrias Alimentarias. Lima – Perú. UNALM.116 pp.

Fernández, H. 2009. Aplicación de roca fosfórica y diatomita incubada en microorganismos en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) en la estación experimental del INIA Canaán Ayacucho. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Ayacucho. UNSCH. 140 p.

Fuentes, M. R. 2002. El cultivo de maíz en Guatemala una guía para su manejo agronómico. ICTA.

Fukamachi, K.; Imada, T.; Ohsima, Y.; Xu, J.; & Tsuda, H. 2008. Purple corn color suppresses ras protein level and inhibits 7,12- dimethylbenz[a] anthracene-induced mamary carcinogenica in the rat. *Cancer Sci* (9), 1841-1846.

García, G. 2013. Guía técnica “manejo integrado de plagas del cultivo de maíz amiláceo blanco. Quispicanchis, Cusco. PE. AGROBANCO. 22 p.

Giles, E. 2011. Efecto de la aplicación de ácidos húmicos y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays l.*) PMV-581 bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Lima-Perú. UNALM.

Goodman, M. and. Wilkes, H. G. 1995. Mystery and Missing Links. The origin: of Maize. In: Taba S. Maize Genetic: Resources. Technical Editor. CIMMYT, Mexico.

Gorriti, A.; Arroyo, J.; Negrón, L.; Jurado, B.; Purizaca, H.; Santiago, I.; Taype, E.; Quispe, F. 2009. 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. Lima Perú.

Huamán, J. 2007. Influencia del guano de isla en el rendimiento de dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L) Canaán a 2750 msnm. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNSCH. Huamanga, Ayacucho.

Huamán, O.F. 2001. Estudio de la asociación de maíz morado (*Zea mays* L.) con tres líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos momentos de siembra en Canaán Ayacucho. Tesis para optar el título de Ing. agrónomo UNSCH. Ayacucho, Perú.

Huamachumo, C. 2013. La cadena de valor de maíz en el Perú: diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas. Lima, Perú. IICA, 97 p.

Hurtado, L. 1979. Efecto del régimen de riego y de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz híbrido PM -204. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo UNALM. Lima - Perú.

IBPGR, 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico city/international board for plant genetic resources, Rome, Italy. 86 p.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE), 2013. Resultados definitivos del IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima, Perú. 62 p.

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria, PE). 2007. Boletín informativo Maíz INIA 615 Negro Canaán. Dirección de Investigación Agraria. Sub Dirección de Investigación de Cultivos, Programa Nacional de Investigación en Maíz.

Jaulis, C. 2010. Efecto del momento de aplicación de la fertilización N-P-K en cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de La Molina. 2010. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Lima - Perú.

Jara, W. 2014. Aportes del INIA en el desarrollo del maíz morado. Programa Nacional de Maíz del INIA. Consultado el 28/12/2014. Disponible en página web:
http://www4.congreso.gob.pe/i_comunicados/resumen_aportes_inia_maiz_morado_para_congreso.pdf

Justiniano, E. 2010. Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (*Zea mays* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina. Tesis para optar el título de Mg. Sc. EPG, UNALM. 77 p.

Lavado, A; Ráez, L. y Robles, R. 2013. El maíz morado como materia prima industrial. Revista de la facultad de Ingeniería Industrial. UNMSM. 91 p. 15(2): 85-91.

Lock, S. 1997. Colorantes naturales. 1ra Edición. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. 274 pp.

Loneragan, J. 1997. Plant nutrition in the 20th and perspectives for the 21st century. plant and soil 196: 163-174.

LLanos, C. M. 1984. El maíz su cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid, España.

Manrique, A. 1997. El maíz en el Perú. Consejo nacional de ciencia y tecnología (CONCYTEC). Lima, Perú. 362 p.

Manrique, A. 1999. El maíz morado peruano (*Zea mays* L. amilaceae st.) INIA-folleto N° 2-99 Lima - Perú. 24 p.

Mayorga, A. 2011. Efecto de la densidad de siembra y de fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) cv. PMV-581, bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima, Perú. 118 p.

Mendieta, M. 2009. Cultivo y producción del maíz amiláceo. Lima. 134 p.

Mendizabal, Y. 2003. Evaluación del efecto del biol, bioactivos y fertilización potásica en el rendimiento y calidad del maíz morado (*Zea mays* L.) cultivar PMV-581 bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM, Lima, Perú. 103 p.

MINAG (Ministerio de Agricultura, PE), 2011. Manejo y fertilidad de suelos: Guía técnica de orientación al productor. 48 p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE), 2012. Maíz amiláceo, principales aspectos de la cadena agroproductiva. Dirección General de Competitividad Agraria. 1ra edición. Lima - Perú. 39 p.

Mondalgo, M. D. 2002. comparativo de rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) con tres fórmulas de fertilización N-P-K y dos densidades de siembra en la EEA Canaán de Ayacucho a 2750 msnm. Tesis para optar el título de Ing. Agr. UNSCH. Ayacucho, Perú. 97 p.

Nobuji, N.; Hiltom, F. y Hidetsueu. 1979. Mayor anthocyanin of Bolivian purple corn (*zea mays* L.) agricultural and biological chemistry. 43 p.

Olarte, W. 1987. Manual de riego por gravedad. Serie manuales técnicos N° 1. Lima, Perú. 148 p.

Oscanoa, C. y Sevilla, R. 2010. Razas de maíz en la sierra central del Perú, Junín, Huancavelica y ayacucho. 472 p.

Paliwal, R. L. 2001. El maíz en los trópicos, mejoramiento y producción. FAO, Roma, Italia. (s p).

Parsons, D. B. 1981. Maíz edit. Trillas. Primera edición, México.

Paucarima, E. G. 2007. Respuesta de maíz morado (*Zea mays* L.) a cuatro fórmulas de abonamiento y tres densidades de siembra Canaán a 2750 msnm Ayacucho. Tesis para optar el título de Ing. Agr. UNSCH. Ayacucho, Perú. 82 p.

Pinto, C. 2002. Selección mazorca hilera modificada en maíz morado negro (*Zea mays* L.). Tesis para optar el título para optar el título de Ing. Agr. UNSCH. Huamanga, Ayacucho.

Poma, I. 2007. Efecto de la fertilización química y orgánica con y sin la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* l.) cv. PMV-581. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Lima-Perú. UNALM. 105p.

Proyecto UE-Perú/Penxe, 2007. Estudio de mercado del ajo, cebolla, alcachofa, aceituna y maíz morado. Informe final elaborado por consorcio ASECAL, S.L. y Mercurio consultores, s.l. 413 p.

Quevedo, W. S. 2013. Manual técnico maíz Blanco Urubamba (Blanco Gigante cusco). Manual N° 2 – 13. Cusco - Perú. 125 págs.

Quispe, J.; Arroyo, K.; Gorriti, A. 2007. Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* l.) en Arequipa – Perú proyecto No. 317-2007-CONCYTEC.

Quispe, R. 2003. Estudio De la Exportación de Antocianinas del Camote Morado (*Ipomaea batatas* L.). Tesis Ing. En Industrias Alimentarias. UNALM. Lima – Perú- 148 pp.

Ramos, F. 2004. Efecto de los bioles en la producción de maíz morado. Tesis para optar el título de Ing. Agr. UNALM. Lima – Perú. 97 p.

Requis, F. 2012. Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú. INIA. Boletín N° 1-12. 23 p.

Risco, M. 2007. Conociendo la cadena productiva del maíz morado en Ayacucho. Solid – Perú. 88 p.

Roca, O. 1992. Rendimiento de dos variedades de frijol bajo tres densidades de siembra en asociación con maíz morado. Tesis para optar el título de Ing. agrónomo. Ayacucho, Perú. UNSCH.

Rodríguez, E. 2007. Efecto de la densidad de fertilización N-P-K y de la aplicación de ácido húmico en el rendimiento de maíz morado cv. PMV - 581 bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Lima, Perú. UNALM.

Salinas, Y.; García, C.; Coutiño, B. y Vidal, V. 2013. Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. INIAF. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36 Supl. 3-a: 285 – 294. Chiapas, México. 294 p.

Sánchez, N. 2013. Obtención de una bebida alcohólica a partir de maíz morado (*Zea mays* L.). Tesis para optar el título de Ing. de Industrias Alimentarias. Lima, Perú. UNALM. 107 p.

Serratos, J. A. 2012. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. 2ª edición. Universidad Autónoma de la ciudad de México. México, D.F. 35 p.

43959

Sevilla, R. y Valdez, A. 1985. Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado. Fondo de Promoción y Exportación (FOPEX). Lima, Perú. 46 p.

Sierra Exportadora. 2013. perfil comercial de antocianina de maíz morado. Lima, Perú. 35 p.

Solano, R. 1999. Efecto de la fertirrigación de N P K en el rendimiento de y el contenido de antocianina de tres variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo r.l.a.f. goteo. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Lima - Perú. UNALM. 105 p.

Sordomez, J. 1999. Comparativo de dos modalidades de siembra y tres poblaciones de plantas de maíz morado (*Zea mays* L.), PMV-582, bajo riego localizado de alta frecuencia: micro exudación. Tesis para optar el título de Ing. Agr. UNALM. Lima, Perú.

Takhtajan, A. 1980. Outline of classification of flowering plants (Magnoliophyta). The Botanical Review. New York, Estados Unidos. 46: 225 – 226, 316 – 318.

Tapia, M. y Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima – Perú .209 p.

Tocagni, 1982. El maíz. Editorial albatros. Buenos aires – argentina.

Villagarcía, S. y Aguirre, G. 2012. Manual de uso de fertilizantes. UNALM, departamento académico de suelos. Lima Perú. 231 p.

Violic, A.D.; Kocher, F.; Palmer, A.F. & Nibe, T. 1982. Experimentación en Labranza-Cero en Maíz en la Región Costera del Norte de Veracruz. Reunión Latino-americana de Ciencias Agrícolas, ALCA, Chapingo, México.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Cuadro de resultados de días a la floración masculina de maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Entrada	Tratamientos	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T1	v_1f_1	91,00	92,00	89,00	89,00	90,25
T2	v_1f_2	90,00	91,00	89,00	92,00	90,50
T3	v_1f_3	90,00	91,00	90,00	89,00	90,00
T4	v_1f_4	91,00	90,00	91,00	90,00	90,50
T5	v_2f_1	89,00	91,00	91,00	92,00	90,75
T6	v_2f_2	92,00	90,00	92,00	90,00	91,00
T7	v_2f_3	91,00	92,00	92,00	89,00	91,00
T8	v_2f_4	91,00	92,00	90,00	89,00	90,50

ANEXO 2. Cuadro de resultado de días a la floración femenina de maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	98,00	97,00	99,00	97,00	97,75
PMV-581	120- 90 - 60	99,00	98,00	97,00	99,00	98,25
PMV-581	120-110- 80	98,00	99,00	99,00	98,00	98,50
PMV-581	120-120-100	97,00	98,00	98,00	98,00	97,75
INIA-615 NC	18 - 46- 30	98,00	97,00	97,00	99,00	97,75
INIA-615 NC	120 -90 -60	99,00	98,00	99,00	98,00	98,50
INIA-615 NC	120-110-80	97,00	96,00	95,00	98,00	96,50
INIA-615 NC	120-120-100	98,00	99,00	98,00	97,00	98,00

ANEXO 3. Cuadro de resultados de evaluación de altura de planta (m) de maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	2,01	1,95	1,98	1,92	1,97
PMV-581	120- 90 - 60	2,02	2,04	1,99	2,29	2,09
PMV-581	120-110- 80	2,09	2,08	2,03	2,11	2,08
PMV-581	120-120-100	2,17	2,11	2,25	1,98	2,13
INIA-615 NC	18 - 46- 30	2,18	1,79	2,28	2,28	2,13
INIA-615 NC	120 -90 -60	1,96	2,14	1,95	1,68	1,93
INIA-615 NC	120-110-80	2,19	2,14	2,00	2,14	2,12
INIA-615 NC	120-120-100	2,13	2,12	1,79	1,84	1,97

ANEXO 4. Cuadro de resultados de evaluación de altura de mazorca (m) de maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	1.32	1.27	1.26	1.24	1.27
PMV-581	120- 90 - 60	1,36	1,27	1,29	1,49	1,35
PMV-581	120-110- 80	1,42	1,33	1,58	1,38	1,37
PMV-581	120-120-100	1,37	1,34	1,97	1,26	1,34
INIA-615 NC	18 - 46- 30	1,39	1,17	1,43	1,44	1,36
INIA-615 NC	120 -90 -60	1,16	1,29	1,38	1,29	1,28
INIA-615 NC	120-110-80	1,40	1,36	1,33	1,32	1,35
INIA-615 NC	120-120-100	1,40	1,33	1,18	1,22	1,28

ANEXO 5. Cuadro de resultados de longitud en promedio de mazorca (cm) de maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	11,20	12,90	13,70	13,70	12,88
PMV-581	120- 90 - 60	12,00	12,40	12,40	14,20	12,75
PMV-581	120-110- 80	12,40	14,70	14,60	14,10	13,95
PMV-581	120-120-100	15,20	13,70	14,50	12,80	14,05
INIA-615 NC	18 - 46- 30	14,10	13,30	14,60	15,10	14,28
INIA-615 NC	120 -90 -60	11,40	14,30	14,30	12,90	13,23
INIA-615 NC	120-110-80	13,70	11,800	13,20	14,00	13,68
INIA-615 NC	120-120-100	14,90	13,10	11,80	13,70	13,38

ANEXO 6. Cuadro de resultados de diámetro de mazorca (cm) de maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	3.90	3.90	4.20	4.00	4,00
PMV-581	120- 90 - 60	3,80	3,80	3.90	4,50	4,00
PMV-581	120-110- 80	3,90	4,00	4,00	3,90	3,95
PMV-581	120-120-100	4,30	4,10	4,20	3,60	4,05
INIA-615 NC	18 - 46- 30	4,20	3,00	4,40	4,50	4,03
INIA-615 NC	120 -90 -60	3,60	4,00	4,90	4,10	4,15
INIA-615 NC	120-110-80	4,80	4,50	4,30	4,20	4,45
INIA-615 NC	120-120-100	4,50	4,20	4,30	3,90	4,23

ANEXO 7. Cuadro de resultados porcentaje de humedad en cosecha en maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	33,10	36,20	35,70	35,90	35,23
PMV-581	120- 90 - 60	36,60	36,90	35,70	32,70	35,48
PMV-581	120-110- 80	33,60	29,00	34,50	37,60	33,68
PMV-581	120-120-100	33,00	29,70	34,20	38,10	33,75
INIA-615 NC	18 - 46- 30	34,40	35,80	34,20	30,80	33,80
INIA-615 NC	120 -90 -60	33,70	35,50	31,20	34,50	33,73
INIA-615 NC	120-110-80	33,30	33,80	36,60	31,60	33,83
INIA-615 NC	120-120-100	30,30	31,90	33,80	36,60	33,15

ANEXO 8. Cuadro de resultados de número de hileras por mazorca de maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	10,80	10,20	11,00	11,00	10,75
PMV-581	120- 90 - 60	10,00	10,60	10,40	10,60	10,40
PMV-581	120-110- 80	9,80	10,00	10,60	10,60	10,25
PMV-581	120-120-100	10,20	9,80	11,00	10,60	10,40
INIA-615 NC	18 - 46- 30	11,60	9,20	10,20	9,80	10,20
INIA-615 NC	120 -90 -60	8,80	10,00	11,40	10,20	10,10
INIA-615 NC	120-110-80	9,80	10,80	9,80	10,40	10,20
INIA-615 NC	120-120-100	10,60	10,00	10,00	9,20	9,95

ANEXO 9. Cuadro de resultados de número de granos por hilera en maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	18,80	20,70	24,20	20,80	21,13
PMV-581	120- 90 - 60	17,30	20,35	21,00	22,60	20,31
PMV-581	120-110- 80	19,10	22,40	24,00	20,50	21,50
PMV-581	120-120-100	25,80	21,30	23,00	17,90	22,00
INIA-615 NC	18 - 46- 30	21,60	18,40	23,50	24,20	21,93
INIA-615 NC	120 -90 -60	17,00	23,00	21,50	20,80	20,58
INIA-615 NC	120-110-80	21,40	24,90	22,10	22,90	22,83
INIA-615 NC	120-120-100	24,90	21,30	18,10	22,20	21,63

ANEXO 10. Cuadro de resultados peso de mazorca (g) en maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	65,00	80,00	95,00	80,00	80,00
PMV-581	120- 90 - 60	61,00	70,00	75,00	110,00	79,00
PMV-581	120-110- 80	67,00	90,00	95,00	76,00	82,00
PMV-581	120-120-100	95,00	90,00	93,00	55,00	83,25
INIA-615 NC	18 - 46- 30	115,00	80,00	120,00	130,00	111,25
INIA-615 NC	120 -90 -60	55,00	90,00	116,00	85,00	86,50
INIA-615 NC	120-110-80	100,00	120,00	105,00	105,00	107,50
INIA-615 NC	120-120-100	117,00	100,00	75,00	90,00	95,50

ANEXO 11. Cuadro de resultados peso de granos de mazorca (g) en maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	50	65	80	65	65,00
PMV-581	120- 90 - 60	50	55	60	90	63,75
PMV-581	120-110 - 80	55	75	76	61	66,75
PMV-581	120-120-100	80	75	75	40	67,50
INIA-615 NC	18 - 46 - 30	95	65	100	105	91,25
INIA-615 NC	120 -90 - 60	42	75	95	70	70,50
INIA-615 NC	120-110- 80	80	105	90	85	90,00
INIA-615 NC	120-120-100	100	85	60	75	80,00

ANEXO 12. Cuadro de resultados peso de tusa en g de maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	13	15	16	15	14,75
PMV-581	120- 90 - 60	13	15	15	16	14,75
PMV-581	120-110- 80	13	20	16	15	16,00
PMV-581	120-120-100	20	18	20	15	18,25
INIA-615 NC	18 - 46- 30	20	15	20	30	21,25
INIA-615 NC	120 -90 -60	12	16	21	15	16,00
INIA-615 NC	120-110-80	16	18	16	20	17,50
INIA-615 NC	120-120-100	21	16	15	15	16,75

ANEXO 13. Cuadro de resultados rendimiento de mazorca en t/ha de maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
PMV-581	18- 46 - 30	2,75	2,44	2,42	2,46	2,52
PMV-581	120- 90 - 60	2,14	2,13	2,56	4,61	2,86
PMV-581	120-110- 80	2,05	3,62	3,24	2,49	2,85
PMV-581	120-120-100	2,90	3,69	2,85	2,15	2,90
INIA-615 NC	18 - 46- 30	3,60	2,67	2,74	3,16	3,04
INIA-615 NC	120 -90 -60	2,11	3,80	4,32	3,08	3,33
INIA-615 NC	120-110-80	4,34	5,05	4,21	4,50	4,53
INIA-615 NC	120-120-100	3,88	4,62	3,02	3,70	3,80

ANEXO 14. Cuadro de resultados de contenido de antocianina en muestras de maíz morado en la localidad de Canaán Ayacucho

Variedad	Nivel de fertilización	Bloque II	Bloque III	Total	Promedio
		1,71	1,39	3,09	1,55
PMV-581	18- 46 - 30	2,27	2,32	4,58	2,29
PMV-581	120- 90 - 60	1,73	1,10	2,83	1,41
PMV-581	120-110- 80	1,66	1,32	2,98	1,49
PMV-581	120-120-100	1,70	1,39	3,09	1,55
INIA-615 NC	18 - 46- 30	2,10	2,15	4,25	2,13
INIA-615 NC	120 -90 -60	2,06	1,58	3,64	1,82
INIA-615 NC	120-110-80	1,62	1,96	3,58	1,79

FUENTE: Resultados de servicios de análisis físico - químico Laboratorio Química. UNALM, 2014