

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN LA CONCENTRACIÓN DE
ANTOCIANINAS EN TRES VARIEDADES DE MAÍZ MORADO EN EL DISTRITO
BAÑOS DEL INCA REGIÓN CAJAMARCA, 2018**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

FERMÍN ALTAMIRANO GÁLVEZ

ASESOR:

Ing. M.Sc. ATTILIO ISRAEL CADENILLAS MARTÍNEZ

Ing. M.Sc. ALICIA ELIZABETH MEDINA HOYOS

CAJAMARCA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Norte de la Universidad Peruana
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los **veinticuatro** días del mes de **junio** del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente **2A-201** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 612-2019 -FCA-UNC, Fecha 12 de Abril del 2018, con el objeto de Evaluar la sustentación del Trabajo de Tesis titulado: **“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN LA CONCENTRACIÓN DE ANTOCIANINAS EN TRES VARIEDADES DE MAÍZ MORADO EN EL DISTRITO BAÑOS DEL INCA REGIÓN CAJAMARCA, 2018”** del Bachiller: **ALTAMIRANO GÁLVEZ FERMIN** en Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las **dieciséis** horas y **ocho** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **aprobación** por **unanimidad** con el calificativo de **Catorce (14)**

Por lo tanto, el graduando queda expedito para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las **diecisiete** horas y **treinticinco** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, **24 de junio** de 2019.

Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta
RESIDENTE

M. Cs. David Ricardo Uriol Valverde
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Víctor Eudelfio Torrel Pajares
VOCAL

Ing. M. Sc. Attilio Israel Cadenillas Martínez
ASESOR

Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos
ASESOR

DEDICATORIA

Estas páginas están dedicadas a DIOS y la VIRGEN MARIA por ser ellos quienes me llenaron de sabiduría, fortaleza para que este sueño se cumpla. A mi padre Segundo Lorenzo Altamirano Sánchez; a mis hermanos por ser las personas que confiaron en mi al emprender este largo camino y darme día a día la perseverancia y la lucha para que esta investigación se realice. A mi madre Peregrina Gálvez Delgado quien fue mi mayor inspiración y mi mayor ejemplo de superación la misma que me ha sabido brindar y confiar en cada una de mis metas y ser mi mayor apoyo. A mi familia política, por ser las personas quienes también me brindaron su apoyo y confianza incondicionalmente, para que el presente trabajo investigado, HOY se logre.

También dedico este trabajo a mi esposa Neyli Díaz Benavides y a mi hijita Valery Yurena quienes son mi fuente de inspiración y la alegría de mi vida.

El autor

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el esfuerzo que han hecho para que se realicen mis sueños y por ser siempre la fuente de confianza. Gracias por darme su apoyo los estaré eternamente agradecido.

A mis hermanos por que juntos me han brindado su apoyo, y me enseñaron el valor del esfuerzo para así lograr mis metas.

A todos los docentes que con su sabiduría y educación que me han brindado han hecho de mí, una mejor persona, al ingeniero. Atilio cadenillas Martínez apoyarme con su conocimiento y buena voluntad para que esta investigación se haga realidad, a la ingeniero Alicia medina hoyos y a todas las personas que me han apoyado incondicionalmente como también a la empresa Molinos & CIA. S.A.

El autor

ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de la investigación	2
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivo	2
1.4. Hipótesis de la investigación	2
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades del maíz morado	3
2.1.1 Origen y distribución de maíz	3
2.1.2 Taxonomía	3
2.1.3 Morfología de la planta de maíz	4
2.1.4 Razas y variedades de maíz morado	5
2.1.5 Variedades mejoradas de maíz morado	6
2.1.6 Composición química de maíz morado	7
2.1.7 Antocianinas	7
2.1.8 Estructura de las antocianinas	8
2.1.9 Factores que influyen en la concentración de antocianinas	9
a. Efecto del pH	9
b. Efecto de la temperatura	9
c. Efecto del pH	10
d. Efecto del oxígeno y el peróxido de hidrogeno	10
e. Efecto de las enzimas	10
f. Efecto de la luz	10
g. Efecto del dióxido de azufre	11
2.1.10 Usos medicinales relacionados con el maíz morado	11

a. Efecto quimio- preventivo	11
b. Capacidad antioxidante	11
2.1.11 El maíz morado en la alimentación	12
2.1.12 Antecedentes de la investigación	13
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Ubicación del experimento	14
3.1.1 Ubicación geográfica	14
3.1.2 Material biológico	14
3.1.3 fertilizantes utilizados en el experimento	15
3.1.4 Material de campo	15
3.1.5 Materiales y equipos de laboratorio	15
3.1.6 Material biológico para la obtención de antocianina	16
3.1.7 Reactivos utilizados en la extracción de antocianinas	16
3.1.8 Metodología	16
3.1.9 Factores en estudio	17
3.1.10 Instalación de bloque	18
3.1.11 Diseño experimental	19
3.1.12 Instalación del experimento	20
a. Preparación del terreno	20
b. Demarcación del terreno	20
c. Siembra	20
d. Abonamiento	20
e. Deshierbo	20
f. Aporque	21
g. Control de plagas	21
h. Cosecha	21
3.2 Determinación del contenido de antocianina	21
3.2.1 Obtención de antocianinas procesamiento y análisis	21
3.2.2 Determinación de la humedad	22
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1 Análisis del contenido de antocianinas	23

CAPÍTULO: CONCLUSIONES	25
5.1 Conclusiones	25
VI. BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXOS	30

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación botánica del maíz morado	3
Tabla 2. Composición química de la coronta del maíz morado	7
Tabla 3. Principales radicales de las antocianinas	8
Tabla 4. Niveles de fertilización utilizadas en la investigación	17
Tabla 5. Variedades de maíz utilizadas en la investigación	17
Tabla 6. Distribución de los tratamientos en estudio	18
Tabla 7. Análisis de Variancia (ANVA)	19
Tabla 8. Porcentaje de antocianinas de las tres variedades de maíz morado	23
Tabla 9. Análisis de varianza para el contenido de antocianinas	24

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. El catión flavilio, R_1 y $R_2 = -H, -OH,$ o $OCH_3,$ $R_3 = -glicosilo,$ $R_4 = -H$ o $-glicosilo$ (Fennema 2000)	9
Figura 2. Sembrando en el campo experimental	31
Figura 3. En la cosecha de maíz	31
Figura 4. Fertilizantes utilizados	31

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultado de contenido de antocianinas en coronta	30

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el respaldo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y la Empresa Molinos S.A. en Tartar Grande, distrito Baños del Inca, Región Cajamarca, en la cual se utilizaron tres variedades de maíz morado INIA 601, maíz morado mejorado (variedad experimental) y maíz morado de la localidad de Huamachuco, bajo un Diseño de Bloques Completo al Azar, 5 niveles de fertilización y tres variedades ($5_f \times 3_v$), el porcentaje de antocianinas se determinó en el laboratorio de la empresa PRONEX con el uso del método de Fuleki y Francis, con el objetivo de determinar el efecto de la fertilización química en la concentración de antocianinas. No hay diferencia estadística en el contenido de antocianinas en las tres variedades de maíz morado utilizadas en el experimento INIA 601, la variedad maíz morado mejorado (variedad experimental), y la variedad maíz morado procedente de Huamachuco cuyas concentraciones son las siguientes 4.68%, 4.56% y 3.58%.

Palabras clave: Maíz morado, antocianinas, coronta

ABSTRACT

The present research work was carried out with the support of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA) and Empresa Molinos S.A. in Tartar Grande, Baños del Inca district, Cajamarca region, in which three varieties of INIA 601 purple corn, improved purple corn (experimental variety) and purple corn from the town of Huamachuco were used, under a Random Complete Block Design, 5 levels of fertilization and three varieties (5f x 3v), the percentage of anthocyanins was determined in the laboratory of PRONEX with the use of the Fuleki and Francis method, in order to determine the effect of chemical fertilization on the concentration of anthocyanins. There is no statistical difference in the content of anthocyanins in the three varieties of purple corn used in the INIA 601 experiment, the improved purple corn variety (experimental variety), and the purple corn variety from Huamachuco whose concentrations are the following 4.68%, 4.56 % and 3.58%.

Key words: Purple corn, anthocyanins, crown

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La presente investigación estuvo dirigida a determinar la concentración de antocianinas de la coronta de maíz morado, dada la importancia que tienen las antocianinas por su carácter antioxidante que permite utilizarlas como un aditivo natural en la industria.

El maíz morado (*Zea mays* L.) es oriundo del Perú, es un cultivo que se siembra en la cordillera de los andes entre los 1200 a 3000 msnm, éste cultivo ha ido tomando importancia en el mercado internacional no solo por sus fines culinarios, sino por su alto contenido de antocianinas, el cual es un pigmento natural contenido en la coronta, brácteas y pericarpio del grano siendo así, el maíz morado, uno de los productos que han contribuido al mayor posicionamiento de cultivos peruanos en el mercado exterior (Coloma 2004).

Los colorantes naturales presentan demanda considerable en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica para reemplazar a los colorantes sintéticos, debido a su naturaleza química, inocuidad y funcionalidad. Entre estos colorantes naturales se encuentran las antocianinas que se distribuyen ampliamente en el reino vegetal y están presentes en raíces, tallos, hojas, flores y frutos de las plantas. El maíz morado es una variedad pigmentada de color morado, constituido en un 85 % por grano y 15 % de coronta, este fruto contiene el pigmento denominado antocianinas, que se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) (Blok *et al.* 1992).

1.1. Problema de la investigación.

Se desconoce el porcentaje de antocianinas en coronta de maíz morado por el efecto de la fertilización química, en la ciudad de Cajamarca no se reportan trabajos en el presente estudio del maíz morado.

1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es la concentración de antocianinas en las tres variedades de maíz morado por el efecto de la fertilización química, en el distrito Baños del Inca, región Cajamarca?

1.3. Objetivo de la investigación

Determinar el efecto de la fertilización química en la concentración de antocianinas a nivel de coronta en las tres variedades de maíz morado.

1.4. Hipótesis de la investigación

Una de las tres variedades en estudio será superior en contenido de antocianinas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del maíz morado (*Zea mays* L.)

2.1.1 Origen y distribución del maíz morado (*Zea mays* L.)

De acuerdo a su origen podemos decir que es una planta de origen americano, el cual fue cultivado por los antiguos pobladores en donde alcanzo una gran especialización evolutiva, especialmente en las regiones de Perú y México (Gruneberg 1966).

El maíz morado es originario de la región de los andes de lo que hoy es Perú. Ha sido ampliamente cultivado y consumido en toda la región andina de América del sur, principalmente en Perú y Bolivia, Ecuador y Argentina (Fei *et al*, 2016).

2.1.2. Taxonomía del maíz morado

Tabla 1. Clasificación botánica del maíz morado

Reino	Vegetal
División:	Tracheophyta
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Monocotiledonea
Orden:	Graminales
Familia:	Graminea
Tribu:	Maydeae
Genero:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Zea mays</i> L.
Nombre común:	Maíz morado

Fuente: Terranova (1995).

2.1.3. Morfología de la planta de maíz morado

- **Raíz:** son fasciculadas y su misión es la de 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 (Risco 2007).
- **Tallo:** el tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal (Risco 2007).
- **Hojas:** las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. que se encuentran en una vaina agarradas hacia el tallo y por el haz presenta vellosidades también presentan una lígula.. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (Risco 2007).
- **Flores:** el maíz es una planta monoica, por presentar tanto las flores masculinas y femeninas en la misma planta, las flores masculinas tienen 6 - 8 mm de longitud estas salen por parejas a lo largo de muchas ramas de aspecto plumoso, situadas al extremo superior del tallo de cada flor masculina, tiene 3 estambres largamente filamentosos. Las espículas (espiguillas) femeninas se agrupan en una ramificación lateral gruesa de forma cilíndrica y están cubiertas por brácteas foliadas, sus estilos sobresalen de las brácteas alcanzando una longitud de 12 a 20 cm, formando un conjunto de una cabellera característica que sale por el extremo de la mazorca que se le conoce como cabello de elote o barba (Takhtajan 1980).
- **Fruto y semilla:** el grano o fruto del maíz es un cariopse. 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 endosperma triploide. La parte más externa del endosperma en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona (Takhtajan 1980).

2.1.4. Razas y variedades de maíz morado

La variabilidad de maíces que existe están preservados en el Banco de Germoplasma del Programa Cooperativo de Investigación de Maíz existen 55 grupos raciales, dentro de ellos se cuenta con cinco razas primitivas en la sierra (confite morocho, confite puntiagudo, confite puneño y kculli) 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).

Hay diferentes variedades de maíz morado, todas ellas provienen de una línea ancestral denominada “Kculli” que todavía se cultiva en el Perú. Las formas más típicas están casi extinguidas. La línea Kculli es muy antigua, restos arqueológicos con mazorcas típicas de esta línea se han encontrado en Ica, Paracas, Nazca y otros lugares de la costa central cuya antigüedad se estima por lo menos en 2 500 años a.C. También se encuentran mazorcas moldeadas, con las características de la línea, en la cerámica Mochica (Sevilla y Valdez 1985).

Oscanoa y Sevilla (2010), señalan que la raza Kculli se localiza en Ayacucho en las provincias de Huamanga, Huanta, La Mar y Víctor Fajardo en los distritos de Quinoa, Iguain, San Miguel y Colea y en Huancavelica en los distritos de Ruando y Moya (altitudes entre los 2 812 hasta 3 144 msnm).

En el Perú existen muchas variedades de maíz morado. A continuación, se describen a las principales (Manrique 1995).

- **Cuzco Morado:** relacionado a la raza Cuzco gigante. Es tardía, de granos grandes, dispuestos en mazorcas con hileras muy bien definidas. Se le cultiva en diferentes lugares en zonas intermedias de altitud en los departamentos de Cuzco y Apurímac.
- **Morado Canteño:** muy similar a la raza Cuzco morado, de menores dimensiones. Se cultiva especialmente en las partes más altas del valle del Chillón, en el departamento de Lima, hasta los 2 500 msnm. Es la variedad más consumida en los mercados de Lima.

- **Morado de Caráz:** derivada de las razas Ancashino y Alazán. Recibe este nombre porque se le cultiva en la localidad de Caraz, en el Callejón de Huaylas, en extensiones relativamente grandes. 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 a la variedad Cuzco morado, pero más chica. El color de la coronta no es tan intenso como en otras variedades, pero en la colección hecha en Arequipa se encuentra mucha variabilidad para estas características 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.

2.1.5. Variedades mejoradas de maíz morado

- **PMV - 581:** variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, obtenida a través de la variedad Morado de Caráz, adaptada a la costa y sierra, 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 kculli realizados durante nueve ciclos. Los progenitores femeninos fueron las variedades locales Negro kculli, Morado y los progenitores masculinos un compuesto balanceado de tres variedades (Negro, kculli y Morado) (INIA 2007).
- **INIA - 601 (Negro Cajamarca):** la variedad de maíz morado INIA 601 fue desarrollada en la Estación Experimental Baños del Inca en 1990, fue formada por 256 progenies, 108 provienen de la variedad de maíz morado de Caraz (Huaraz) y 148 progenies de la variedad local Negro Parubamba (Cajabamba-Cajamarca). En el mejoramiento se utilizó selección recurrente de medios hermanos, dando énfasis al rendimiento de grano, color morado del grano y coronta, precocidad y prolificidad. (IEPARC 2016).

2.1.6. Composición química del maíz morado

Los componentes químicos en el maíz morado son: Ácido salicílico, grasas, resinas, saponinas, sales de potasio y sodio, azufre y fósforo, y sus compuestos fenólicos (Arroyo *et al.* 2010).

Tabla 2. Composición química de la coronta del maíz morado

COMPONENTE	PORCENTAJE
Humedad	11,2
Proteína	3,74
Grasa	0,32
Fibra	24,01
Carbohidratos	57,44

Fuente: Delgado (2000).

2.1.7. Antocianinas

Las antocianinas (del griego Anthos = flor y Kyanos = azul), son el grupo más importante de pigmentos solubles en agua, visibles para el ojo humano, forman parte de la familia de los polifenoles y se definen como flavonoides fenólicos (Mazza 1993).

Los colores rosa, rojo, azul, malva y violeta de las flores, frutas y verduras se deben a la presencia de estos pigmentos, localizándose principalmente en la piel de frutas como manzanas, peras, uvas, zarzamoras, ciruelas, de flores como rosas y verduras como col morada y maíz morado, depende de la naturaleza y concentración de antocianinas para ello intervienen factores adicionales que afectan el color como el pH, el efecto de copigmentación determinado por la presencia de otros flavonoides, temperatura, luz (Wroslad y Giusti 2003).

Se conocen aproximadamente 20 antocianinas, las más importantes son pelargonidina, delphinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina, nombres que derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez. Es muy común que una misma antocianina interaccione con más de un carbohidrato para formar diferentes antocianinas (Badui 2006).

Tabla 3. Principales radicales de las antocianinas

AGLICONA	R₁	R₂
Petunidina	OH	OCH ₃
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃
Pelargonidina	H	H
Delfinidina	OH	OH
Cianidina	OH	H
Peonidina	OCH ₃	H

Fuente: Durst y Wroslad (2001).

2.1.8. Estructura de las antocianinas

La estructura básica de las antocianinas es el 2-fenilbenzopirilio de la sal de flavilio, las antocianinas existen como glucósidos de polihidroxi y/o polimetoxiderivados de la sal (Fennema 2000) como se muestra en la figura 1, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es una aglicona a la que se le une un azúcar por medio de un enlace glucosídico; por lo general están glucosidados en la posición 3 y 5 (Badui 2006).

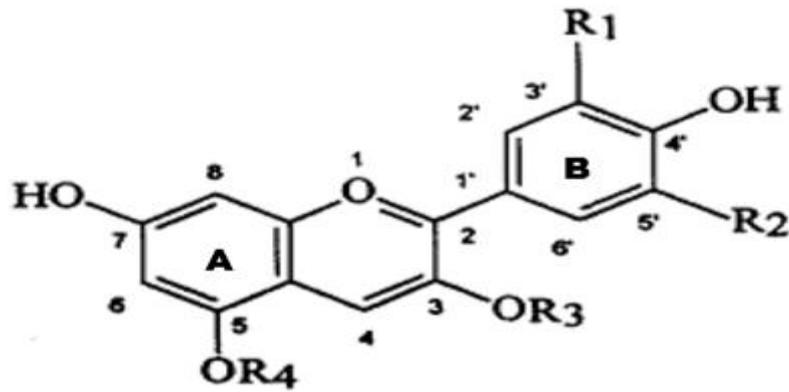


Figura 1: El catión flavilio, R_1 y $R_2 = -H, -OH, \text{ o } OCH_3$, $R_3 = -\text{glicosilo}$, $R_4 = -H \text{ o } -\text{glicosilo}$ (Fennema 2000).

Las antocianinas pueden clasificarse en base a la cantidad de moléculas de azúcar que contienen, se divide en varios tipos: los monósidos sólo tienen una molécula de azúcar, generalmente en posición 3, rara vez en la posición 5 ó 7 y nunca en otras posiciones, los biósidos contienen 2 azúcares, ambos en posición 3, o uno en 3 y el otro en 5 y muy pocas veces en 3 y en 7, los triósidos contienen 3 azúcares, generalmente dos en posición 3 y uno en posición 5, con frecuencia tres en una estructura ramificada o lineal en la posición 7 (Fennema 2000).

2.1.9. 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, enzimas, oxígeno, azúcares, dióxido de azufre, entre otros (Quispe 2007).

Los principales factores que influyen en la estabilidad y color de las antocianinas son:

- a. **Efecto del pH:** las antocianinas tienen cambios importantes de color con las variaciones de pH, cuando el pH es ácido su color es rojo intenso mientras que a pH neutro se encuentra de manera incolora y a pH alcalino su coloración es amarilla y pasa posteriormente a ser azul (Cuevas *et al.* 2008).
- b. **Efecto de la 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 (Fennema 2000).

- c. Efecto del oxígeno y peróxido de hidrógeno:** las antocianinas pueden oxidarse por reacción directa con oxígeno, o bien a través de una oxidación indirecta en la que éstas reaccionan con compuestos que han sido previamente oxidados, dando lugar a la formación de productos de color marrón o incoloro. También, pueden reaccionar con radicales de oxígeno actuando como antioxidantes. Estos mecanismos de oxidación se ven favorecidos cuando se eleva la temperatura (Rein 2005). El peróxido de hidrógeno actúa rompiendo el anillo de pirilio de la antocianina por un ataque nucleofílico en C-2 produciendo ésteres incoloros y derivados de la cumarina. Estos productos de degradación son totalmente destruidos y polimerizados para formar precipitados de color café (Fennema 2000).
- d. Efecto de los 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 (Fennema 2000). 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 (Fennema 2000).
- e. Efecto de las enzimas:** se han identificado dos grupos de enzimas implicadas en la decoloración de las antocianinas: glicosidasa y polifenoloxidasa, en conjunto se les conoce como antocianinasas. Las glicosidasas hidrolizan los enlaces glucosídicos, dando el azúcar o azúcares y la aglicona. La pérdida de intensidad de color se debe al descenso de la solubilidad de las antocianinas y su transformación en productos incoloros. 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 (Fennema 2000).
- f. Efecto de la Luz:** se acepta, generalmente, que la luz acelera la degradación de las antocianinas. Este efecto adverso se ha demostrado en diversos zumos de frutas y en el vino tinto. Los sulfonatos de las flavonas polihidroxiladas, las isoflavonas y las auronas ejercen un efecto protector contra la foto degradación. El efecto protector es atribuible a la formación de interacciones de los anillos intermoleculares entre el sulfonato cargado negativamente y el ion flavilio cargado positivamente (Fennema 2000).

- g. Efecto del 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 (Fennema 2000).

2.1.10. Usos medicinales relacionados con el maíz morado

a. Efecto quimio-preventivo

Fukamachi (2008) estudió el efecto supresor de la cianidina-3-glucósido sobre el 7,12-dimethylbenzoantraceno, el cual induce la carcinogénesis mamaria, lo que indica que puede ser un agente quimioterapéutico prometedor.

Hagiwara (2001) observó que la administración de “maíz morado” en la dieta, produce inhibición de la carcinogénesis colon-rectal por efecto de la cianidina-3 glucósido.

En el 2013 Long (2003) realizó un estudio sobre los posibles efectos del “maíz morado” en la quimio prevención contra el cáncer de próstata. Se utilizaron ratas transgénicas para el adenocarcinoma de próstata las cuales fueron alimentadas con una dieta control o dieta a base de “maíz morado” durante 8 semanas. Los resultados mostraron una inhibición de la proliferación de células por disminución de la expresión de ciclina D1 y la inhibición de la fase G1 del ciclo celular en las ratas alimentadas en base a “maíz morado”. El “maíz morado” disminuyó la incidencia de adenocarcinoma de la próstata lateral y se enlenteció la progresión del cáncer de próstata. Los resultados sugirieron que la cianidina-3-glucósido y pelargonidina-3glucósido son los compuestos activos.

b. Capacidad antioxidante

Un radical libre es un átomo o molécula con uno o más electrones desapareados, como por ejemplo: radical hidroxilo, radical peróxido, anión superóxido, óxido nítrico, entre otros (Kalyanaraman 2013) son capaces de existir en forma independiente generando reacciones en cadena.

Las reacciones que afectan a los radicales libres se dividen normalmente en tres categorías: **iniciación:** se generan los primeros radicales libres a partir de moléculas estables. Puede ser inducido por cualquiera de las siguientes formas: térmica, fotoquímica, radioquímica o por oxidación-reducción, **propagación:** un nuevo radical se

genera a expensas de otro, de tal manera que no se pierde en ningún momento el carácter de radical y el proceso continúa y **terminación**: se consumen radicales y no se generan nuevos radicales, por lo que se pierde el carácter de radical en el proceso. Normalmente es cuando dos radicales reaccionan entre si y forman moléculas estables (Atoui 2005).

Los radicales libres son conocidos por ser importantes contribuyentes a las enfermedades degenerativas asociadas al envejecimiento (Atoui 2005). Los seres humanos están expuestos a un gran número de agentes oxidantes producto de la contaminación ambiental, compuestos químicos que se añaden a los alimentos o simplemente como productos de las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en el organismo, resultando en la formación de radicales libres que serán los responsables del daño oxidativo a las moléculas de las células con efectos negativos en el metabolismo celular (Venéreo 2002).

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas, mediado por la transferencia de electrones a un agente oxidante, se encuentran naturalmente en el organismo y en ciertos alimentos. Los antioxidantes dietéticos incluyendo flavonoides, carotenoides y vitamina C (Howard 2003), pueden conferir beneficios para la salud mediante la protección contra el estrés oxidativo, mediante la prevención del daño a las proteínas, el ADN y los lípidos (Huang 2005).

2.1.11. El maíz morado en la alimentación

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 (Fernández 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, también se usa para teñir tejidos y en la industria de cosméticos.

2.1.12. Antecedentes de la investigación

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 4,7 mg de antocianinas totales/ 100 g de coronta y para niveles de fertilización el mejor promedio fue 435.6 mg de Antocianinas totales de coronta con el tratamiento 180-120-180, en la variedad PMV-581 proveniente de Cañete.

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. El mayor contenido de antocianinas en la coronta corresponde a los tratamientos de fertilización orgánica con aplicación de (EM).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

El trabajo de investigación se realizó en el lugar denominado Tartar Grande, perteneciente al distrito Baños del Inca, provincia y región de Cajamarca, en la propiedad de la señora Lorenza Mantilla Tanta.

3.1.1. Ubicación geográfica

Altitud	2758 msnm
Latitud. Sur	8185015
Latitud Oeste	9185610
Distrito	Baños del Inca
Provincia	Cajamarca
Región	Cajamarca

3.1.2. Material biológico

Se emplearon semillas de tres variedades, las cuales fueron proporcionadas por el INIA Baños del Inca región Cajamarca.

- Maíz morado INIA 601.
- Maíz Morado mejorado variedad experimental (MMM).
- Maíz morado (variedad proveniente de Huamachuco)

3.1.3 Fertilizantes utilizados en el experimento

Fueron proporcionados por la empresa Molinos & CIA. SA.

- Urea (46%N)
- Fosfato diamónico (18% N y 46% P₂O₅)
- Cloruro de potasio (60% K₂O)

3.1.4. Material de campo

- Estacas.
- Rafia.
- Cadena graduada.
- Balanza.
- Libreta de apuntes.
- libro de campo.
- Cámara fotográfica.
- Wincha.
- Etiquetas.
- Sacos.
- Bolsas de cerrado hermético.

3.1.5. Materiales y equipos de laboratorio

- Agitador magnético con plancha de calentamiento (C-MAG HS7 C).
- Vaso de precipitación de 250 mL.
- Papel aluminio.
- Imán.
- Termómetro digital adaptado a Agitador magnético.
- Espectrofotómetro.
- Balanza analítica digital.
- Hidroácido (850 ml de alcohol de 96% + 150 ml de ácido clorhídrico a 2%).
- Papel secante extra suave.
- Fiola de 100 mL.

- Matraz.
- Probeta graduada.
- Agitador
- Pipeta de 5 mL.
- Cucharita medidora.

3.1.6. Material biológico para obtener la antocianina

Coronta molida de las tres variedades de maíz morado.

3.1.7. Reactivos utilizados en la extracción de antocianinas

- Solución de etanol – ácido clorhídrico
- Agua desionizada

3.1.8. Metodología

El campo experimental se estableció de la siguiente manera:

- **Dimensiones de la parcela**

Largo de la parcela	10 m
Ancho de parcela	5 m
Área neta de la parcela	50 m ²
Nº surcos/parcelas	10
Distanciamiento entre surco	0,80 m
Distanciamiento entre plantas	0,40 m
Número de golpes por surco	11

- **Dimensiones de los bloques**

Largo del bloque	40
Ancho del bloque	5
Área del bloque	200
Número de bloques	5
Número de parcelas por bloque	3
Área experimental neta	750 m ²
Calles y bordes fue un total de	250 m ² .

El campo experimental, se estableció de la siguiente manera; En un área total 750 m² se diseñó cinco bloques separados por calles de 1, 20 m de ancho, cada parcela estuvo formada por 10 surcos con un distanciamiento de 0,80 m entre surcos y 0,40 m entre golpes. El área de cada parcela fue de 50m².

3.1.9. Factores en estudio

Los niveles de fertilización fueron definidos en base a información de especialistas del INIA y productores locales de maíz morado. El nivel T₁ (18-46-30) fue definido en base al promedio de uso de los pequeños productores, quienes aplican bajos niveles de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos, el nivel T₂ (120-90-60) fue elegido en base a la recomendación de boletín informativo de maíz INIA 601 (INIA 2007; Requis 2012) quienes recomiendan aplicar el nivel de fertilización (120-90-60), de acuerdo a la fertilidad promedio de los suelos de la región de Cajamarca. Los niveles T₃ y T₄ fueron definidos con fines de estudio comparativo manteniendo el mismo nivel de nitrógeno e incrementándose los niveles de P₂O₅ y K₂O. Considerándose un nivel T₅ (testigo) (0-0-0).

Tabla 4. Niveles de fertilización (f)

Niveles	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
N1	18-46-30
N2	120-90-60
N3	120- 110-80
N4	120- 120- 100
N5	0-0-0

Tabla 5. Variedades de maíz morado (v)

Variedad	Nombre
V1	INIA 601
V2	Maíz morado mejorado (MMM)
V3	Maíz morado procedente de Huamachuco

3.1.10. Instalación de bloques

Tabla 6. Relación de variedades en estudio y su número de repeticiones por tratamiento para maíz morado.

Tratamientos	BORDE INIA 601				BLOQUES
T5 (2 surcos)	501 (2)	502 (3)	503 (1)	B	V
T4 (2 surcos)					
T3 (2 surcos)					
T2 (2 surcos)					
T1 (2 surcos)					
T5 (2 surcos)	403 (1)	402 (2)	401 (3)	O	IV
T4 (2 surcos)					
T3 (2 surcos)					
T2 (2 surcos)					
T1 (2 surcos)					
T5 (2 surcos)	301 (3)	302 (1)	303 (2)	R	III
T4 (2 surcos)					
T3 (2 surcos)					
T2 (2 surcos)					
T1 (2 surcos)					
T5 (2 surcos)	203 (2)	202 (3)	201 (1)	D	II
T4 (2 surcos)					
T3 (2 surcos)					
T2 (2 surcos)					
T1 (2 surcos)					
T5 (2 surcos)	101 (1)	102 (2)	103 (3)	E	I
T4 (2 surcos)					
T3 (2 surcos)					
T2 (2 surcos)					
T1 (2 surcos)					
	BORDE INIA 601				

- **Leyenda**

VARIEDADES	
1	INIA-601
2	MAIZ MORADO MEJORADO (MMM)
3	TESTIGO
10 surcos/ variedad	

3.1.11. Diseño experimental

El experimento fue conducido bajo el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de tres variedades y cinco niveles de fertilización ($3_v \times 5_f$). Para la Comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan, al 0,05 de probabilidad (Vásquez 2014).

Modelo Aditivo Lineal: El modelo aditivo lineal estará conformado así:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + E_{ijk}$$

Donde:

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

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

$j = 1, 2, \dots, f$ (fertilización)

$k = 1, 2, \dots, r$ (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.

E_{ijk} = Error experimental

Tabla 7. Análisis de Variancia Simple (ANVA)

Fuente de variación	GL	E.C.M
Fertilización	$f-1=4$	$\sigma_e^2 + vr \sum (F)_j^2 / GL_F$
Variedad	$v-1=2$	$\sigma_e^2 + fr \sum (V)_i^2 / GL_V$
Repetición	$r-1=4$	$\sigma_e^2 + (VF)\sigma_e^2$
F*var.	$(v-1)(f-1) = 8$	$\sigma_e^2 + r \sum (VF)_{ij}^2 / GL_{VF}$
Error	$(vf-1) (r-1) = 56$	σ_e^2
Total	$Vfr-1=74$	

3.1.12. 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

La preparación de terreno fue realizada con maquinaria agrícola (tractor) facilitada por el INIA centro experimental Baños del Inca. 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 del terreno

Esta labor se realizó el 4 de enero del 2018. De acuerdo al croquis previamente elaborado del experimento, se procedió a la demarcación de los bloques, parcelas, calles, bordes de cabecera y borde laterales respectivamente.

c. Siembra

La siembra se realizó el 4 de enero del 2018, con un distanciamiento de 0.80 m entre surcos, y 0.40 m entre golpes, colocando cuatro semillas por golpe a una profundidad aproximada de 5 cm. Luego utilizando herramientas manuales se procedió al tapado de las semillas.

d. Abonamiento

Como fuentes de fertilización fueron utilizados fertilizantes sintéticos: urea (46%); 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 nitrógeno, fosfato diamónico, cloruro de potasio, y en el aporque se realizó la segunda fertilización.

e. Deshierbo

Esta labor se realizó 28 días después de la siembra de acuerdo al desarrollo del cultivo para evitar la competencia de las malezas, absorción de fertilizantes, y otros factores asociados al rendimiento. El primer deshierbo se realizó en forma manual.

f. Aporque

Se realizó en una sola oportunidad en forma manual el 20 de febrero del 2018; con la ayuda de una lampa, 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.

g. Control de plagas

Solo se aplicó aceite tres gotas sobre la zona de salida de los pistilos, para disminuir los daños del gusano mazorquero *heliiothis zea* / *Helicoverpa zea* Boddie.

h. Cosecha

La cosecha se realizó el 11 de julio del 2018 en una sola etapa. La cosecha se realiza cuando las plantas muestran más del 70% de hojas secas mejor si aún llega al 100%. El corte se realiza cuando el grano tiene una humedad de 20% a 25% o cuando la base del casquete se encuentre una capa marrón o negro (Catalan 1997)

3.2. Determinación del contenido de antocianinas por el método de Fuleki y Francis

El contenido de antocianinas en coronta se determinó con el método de Fulekis Francis, en el laboratorio de la empresa PRONEX S.A en la ciudad de Lima. El cual los resultados se expresaron en porcentaje.

3.2.1. Obtención de antocianinas, procesamiento y análisis de los datos (Método de Fuleki y Francis). Se sigue los siguientes pasos.

1. Pesar la materia prima 0.30gr de coronta molida y para ello se utiliza la balanza analítica, luego tarar el vaso de precipitación de 250 ml. Después de haber tarado se pesa los gramos de materia prima, luego se procede a colocar 100ml. de hidroácido, anotar el peso que hay entre la materia prima y el hidroácido (peso total).
2. Tapar el vaso de precipitación con el contenido para ello se utiliza papel aluminio con el fin de que no se pierda el alcohol por evaporación, esta misma es llevada al agitador magnético, se coloca un pequeño imán dentro del vaso precipitador al activar el agitador magnético este hará que el imán gire dentro del vaso precipitador lo que permite que haya una mezcla homogénea la cual se la coloca a 300

revoluciones/minuto, el calentador magnético que contiene un termómetro digital, el cual debe estar a una temperatura de 60 °C y se la deja por 2 horas.

3. Pasadas las 2 horas, se vuelve a pesar el vaso de precipitación sacando previamente el imán, según los datos del pesado inicial completar con hidrógeno hasta llegar al peso original (materia prima + hidrógeno), remover la muestra con un agitador y tapar con papel aluminio nuevamente, dejar reposar 30 minutos los vasos que están previamente identificados.
4. Pasado los 30 minutos con la ayuda de una pipeta se coloca en una fiola de 100 ml. la cantidad de 5 ml. de la solución, luego de ello colocar hidrógeno hasta completar en la fiola los 100 ml. tapar con la ayuda de tapones y mover hasta conseguir una mezcla uniforme, luego se traslada al espectrofotómetro el cual se lo adapta a una longitud de onda de 535 nm, celdas de 1 cm de lado. con ello nos da el resultado de absorbancia.

3.2.2. Determinación de la humedad

De cada variedad se recogió 5 mazorcas al azar; de las cuales se dejó secar a temperatura ambiente por 20 días luego se extrajo los granos; las corantas se trituran y de esta se pesó 100 g. (peso húmedo) y se colocó en bolsas de papel, para luego identificarlas y colocarlas en una estufa con una temperatura de 105°C por 24 horas para luego determinar el porcentaje de humedad con que fue enviado el producto al laboratorio para su respectivo análisis.

100gr inicial – peso obtenido después de 24 horas = humedad.

CAPTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis del contenido de antocianinas

Tabla 8. Porcentaje de antocianinas de tres variedades de maíz morado en coronta.

Variedades	Tratamientos	Peso de análisis	Absorbancia	Promedio (%)
INIA 601	T1: 18-46-30	0.6061	1.406	4.7245
INIA 601	T2: 120-90-60	0.6041	1.367	4.6087
INIA 601	T3: 120-110-80	0.6078	1.742	5.8372
INIA 601	T4: 120-120-100	0.6131	1.291	4.2886
INIA 601	T5: Testigo 0-0-0	0.6671	1.585	4.8390
MMM	T1: 18-46-30	0.6033	1.534	5.1786
MMM	T2: 120-90-60	0.6008	1.323	4.4849
MMM	T3:120-110-80	0.6108	1.450	4.8349
MMM	T4: 120-120-100	0.6051	1.668	5.6142
MMM	T5: Testigo 0-0-0	0.6054	1.020	3.4314
Testigo	T1: 18-46-30	0.6032	1.008	1.4034
Testigo	T2: 120-90-60	0.6157	0.883	2.9209
Testigo	T3: 120-110-80	0.6194	1.466	2.8204
Testigo	T4:120-120-100	0.6066	1.863	1.6547
Testigo	T5: testigo 0.0.0	0.6015	2.361	2.7052

Fuente: Empresa PRONEX S.A (2018)

Los datos en (%) fueron convenientemente transformados a arco seno $\sqrt{y_{ij}}$ para el análisis de varianza y prueba de significación de Duncan. en el presente estudio se utilizó un DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar) con un nivel de significancia de 0.05 de probabilidad.

Tabla 9. Análisis de varianza para el contenido de antocianinas

Fuentes de variación	G L	CM	F-valor	Pr > F
Variedades	2	3.09	3.91	0.07
Fertilización	4	1.68	0.86	0.54
Error	8			
Total	14			
Coefficiente de variabilidad		9.12		
Promedio		4.20		

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

Tabla 9 Análisis de Varianza para contenido de antocianinas en las variedades INIA 601, maíz morado mejorado (MMM), maíz morado procedente de Huamachuco, en el estudio efecto de fertilización química en la concentración de antocianinas en tres variedades de maíz morado realizado en Tartar Grande, durante la campaña agrícola 2018, para la variable contenido de antocianina en variedades y fertilización no se halló diferencias significativas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

No hay diferencia estadística en el contenido de antocianinas en las tres variedades de maíz morado utilizadas en el experimento INIA 601, la variedad maíz morado mejorado (variedad experimental), y la variedad maíz morado procedente de Huamachuco cuyas concentraciones son las siguientes 4.68%, 4.56% y 3.58%.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 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.
- Araujo, J. 2005. Estudio De la extracción del colorante de Maíz Morado (*Zea mays* L.) con el uso de enzimas. Tesis Post Grado Especialidad de Tecnología de alimentos. UNALM. Lima -Perú. 103 p.
- Badui, S. 2006. Química de los alimentos. 4ta Ed. Editorial Pearson Educación, México. 403-426 p.
- Cámara Hernández, Alzogaray, A. 2011. Razas de maíz nativas de la Argentina. Ed. Facultad de Agronomía, 20 p.
- Chicbizola, 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.
- Condori, S. 2006. Evaluación de líneas sl 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 p.
- 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.
- Fernández, 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 p.´
- Fennema, O. R. 2000. Química de los alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia. Zaragoza España.
- Fukamachi, K.; Imada, T.; Y.; Xu j., H. 2008. Purple corn color supresses Rasprotein level and inhibits 7, 12-dimethylbenz anthracene- induced mamarycreinogenesis in the rat. *Cáncer Sci.* 99 p.
- Garzón, G.2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia Bogotá.
- Gorriti, A.; Arroyo, J.; Negro, L.; Jurado, B.; Purizaca, H.; Santiago, 1; Taype, E.; Quispe, F. 2009. Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas de maíz morado (*zea mays* L.).
- 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.
- 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.

- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE), 2013. Resultados definitivos del IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima, Perú. 62 p.
- IEPARC Proyecto “Incremento de los ingresos económicos de los Productores Agrarios en la Región Cajamarca – IEPARC 2016” valor comercial del maíz morado, 5 p.
- IEPARC Proyecto “Incremento de los ingresos económicos de los Productores Agrarios en la Región Cajamarca” 2016. Guía de la Producción de Maíz Morado. Cajamarca, Perú. Editorial Martínez Compañón 31 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.
- 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 LaMolina. Tesis para optar el título de Mg. Se. EPG, UNALM. 77 p.
- Llanos, C. M. 1998. 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.) INIA-folleto N° 2-99 Lima - Perú. 24 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.
- Narro T. “Mejoramiento integral de la producción de maíz morado en la zona alto andina” Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Oscanoa, C. y Sevilla, R. 2010. Razas de maíz en la sierra central del Perú, Junín, Huancavelica y ayacucho. 472 p.

- Poma, 2007. Efecto de la fertilización química y orgánica con y sin la aplicación de microorganismos eficientes (EM) rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L) cv. PMV-581. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Lima-Perú. UNALM. 105 p.
- 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
- 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.
- Requis, F. 2012. Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú. INIA. Boletín N° 1-12. 23 p.
- 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.
- Vásquez, A.V. 2014. Diseños experimentales con SAS. Edita CONCYTEC FONDECYT. Lima – Perú.
- Wang LS, Stoner GD. 2008. Las antocianinas y su papel en la prevención del cáncer. *Cancer Lett* 269, 90 p

ANEXOS

Anexo 1: Análisis de antocianinas empresa PRONEX S.A

Variedades	Tratamientos	Peso de análisis	Absorbancia	Promedio (%)
INIA 601	T1: 18-46-30	0.6061	1.406	4.7245
INIA 601	T2: 120-90-60	0.6041	1.367	4.6087
INIA 601	T3: 120-110-80	0.6078	1.742	5.8372
INIA 601	T4: 120-120-100	0.6131	1.291	4.2886
INIA 601	T5: Testigo 0-0-0	0.6671	1.585	4.8390
MMM	T1: 18-46-30	0.6033	1.534	5.1786
MMM	T2: 120-90-60	0.6008	1.323	4.4849
MMM	T3:120-110-80	0.6108	1.450	4.8349
MMM	T4: 120-120-100	0.6051	1.668	5.6142
MMM	T5: Testigo 0-0-0	0.6054	1.020	3.4314
Testigo	T1: 18-46-30	0.6032	1.008	1.4034
Testigo	T2: 120-90-60	0.6157	0.883	2.9209
Testigo	T3: 120-110-80	0.6194	1.466	2.8204
Testigo	T4:120-120-100	0.6066	1.863	1.6547
Testigo	T5: testigo 0.0.0	0.6015	2.361	2.7052

Fuente: empresa PRONEX S.A



Figura 2. Sembrando en el campo experimental



Figura 3. En la cosecha de maíz



Figura 4. Fertilizantes utilizados