

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**COMPARATIVO DE RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN
6 VARIEDADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN EL DISTRITO DE
ICHOCÁN, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

PETER CHRIS PIÑA DÍAZ

Asesores:

Dr. VÍCTOR VÁSQUEZ ARCE

Ing. M. Sc. ALICIA ELIZABETH MEDINA HOYOS

CAJAMARCA – PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
SECRETARIA ACADEMICA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En Cajamarca, a las treintiun días del mes de diciembre del año dos mil dieciocho, 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° 532-2018-FCA-UNC, Fecha 31 de diciembre de 2018 con el objeto de Evaluar la sustentación del Trabajo de Tesis titulado: "COMPARATIVO DE RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN 6 VARIEDADES DE MAÍZ MORADO (Zea mays L.) EN EL DISTRITO DE ICHOCÁN, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA" del Bachiller: PIÑA DÍAZ PETER CHRIS en Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRONOMO**.

A las once horas y quince 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 liberación del jurado, el Presidente anuncio la aprobación por unanimidad con el calificativo de quince (15). Por lo tanto, el graduando queda expedito para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las trece horas y dos minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 31 de diciembre del 2018

Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta

PRESIDENTE

M.Cs. David Ricardo Uriol Valverde

SECRETARIO

Ing. M.Sc. Jesús Hipólito De la Cruz Rojas

VOCAL

Dr. Víctor Vásquez Arce

ASESOR

Ing. M.Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos

ASESORA

DEDICATORIA

A mis padres: Pedro Antonio Piña Valles y Edita Constanza Díaz Gutiérrez a mi Abuelita Luzdina María Gutiérrez Carrera y a mi hermana Susan Yesenia Piña Díaz, por su apoyo incondicional, por su confianza y por el enorme cariño que me tienen, a ellos que siempre han sido la motivación para poder lograr un sueño tan anhelado.

El autor

AGRADECIMIENTO

Dejo expreso un agradecimiento sincero:

A la Ing. Alicia Medina Hoyos por brindarme su amistad, confianza y enseñanzas, así como orientaciones para poder realizar este trabajo de tesis.

Al Dr. Víctor Vázquez Arce por sus recomendaciones y orientaciones para poder desarrollar la presente tesis.

Al Ing. Wilder Mesías Quiroz Tirado por sus enseñanzas y explicaciones en campo sobre el cultivo.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) junto a ello al Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA) y al Proyecto PNIA 022_PI, por haberme dado la oportunidad de realizar mi trabajo de Investigación en dicha institución.

A los productores con quienes se manejó los ensayos y también a la Asociación de Productores SHICOMUMI-Ichocán.

El autor

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|-------------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| INDICE | iv |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| | |
| CAPÍTULO I | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| CAPÍTULO II | 3 |
| | |
| REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1.- Generalidades del maíz (<i>Zea mays</i> L.) | 3 |
| 2.1.1.- Origen y expansión del maíz (<i>Zea mays</i> L.) | 3 |
| 2.1.2. Clasificación taxonómica del maíz (<i>Zea mays</i> L.) | 3 |
| - Floración masculina | 4 |
| - Floración femenina | 4 |
| 2.2. Importancia del maíz | 4 |
| 2.2.1. Importancia de maíz morado | 5 |
| 2.2.2. Ecología | 5 |
| 2.2.3. Antecedentes de la investigación | 6 |
| 2.2.4. Rendimiento nacional de maíz morado | 6 |
| 2.2.5. El maíz morado en el Perú; producción | 7 |
| 2.3. Rendimiento | 7 |
| 2.4. Manejo de cultivo | 7 |
| 2.4.1.- Fertilización | 7 |
| 2.4.2. Post cosecha | 8 |
| 2.5. Usos y beneficios del maíz morado | 9 |
| Beneficios y propiedades de las antocianinas para la salud | 10 |
| 2.5.1. Propiedades antioxidantes | 10 |
| 2.5.2. Actividades anti inflamatorias | 11 |
| 2.5.3. Investigaciones científicas de antocianinas aplicadas en ratas de laboratorio | 11 |

| | |
|--|----|
| 2.5.4. Cáncer de colon | 12 |
| 2.5.5. Cáncer de pulmón | 12 |
| 2.5.6. La regulación de la presión arterial | 12 |
| 2.6. Principio colorante del maíz morado | 12 |
| 2.6.1 Factores que influyen en la estabilidad y color de las antocianinas | 13 |
| | |
| CAPÍTULO III | 14 |
| | |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 14 |
| 3.1. Ubicación del experimento | 14 |
| 3.2. Condiciones climáticas durante el periodo de cultivo | 14 |
| 3.3. Análisis de suelo | 15 |
| 3.4. Materiales de campo | 17 |
| 3.4.1. Material biológico. En el presente trabajo de investigación se hizo uso de 5 semillas certificada a excepción de maíz morado mejorado que es una variedad experimental de INIA Cajamarca. | 17 |
| 3.4.1.1. INIA - 601 (INIA Negro Cajamarca) | 17 |
| 3.4.1.2. INIA 615 Negro Canaán | 17 |
| 3.4.1.3. Canteño | 18 |
| 3.4.1.4. PMV - 581 | 18 |
| 3.4.1.5. Maíz morado mejorado | 18 |
| 3.4.1.6. UNC-47 | 18 |
| 3.4.2. Agroquímicos | 18 |
| 3.4.3. Material de campo | 19 |
| 3.4.4. Materiales y equipos de laboratorio | 19 |
| 3.4.5. Materiales utilizados en la obtención de antocianinas | 19 |
| 3.4.6. Reactivos | 19 |
| 3.5. Metodología | 20 |
| 3.6. Evaluaciones: Toma de datos biométricos en pre cosecha | 20 |
| 3.6.1. Número de plantas | 20 |
| 3.6.2. Días a la floración femenina | 20 |
| 3.6.3. Días a la floración masculina | 20 |
| 3.6.4. Altura de planta | 20 |
| 3.6.5. Altura de mazorca | 20 |

| | |
|---|--------|
| 3.7. Evaluaciones: Toma de datos biométricos en cosecha | 21 |
| 3.7.1. Peso de campo | 21 |
| 3.7.2. Pudrición | 21 |
| 3.7.3. Muestra para determinar humedad | 21 |
| 3.8. Diseño Experimental | 22 |
| 3.8.1. Instalación de bloques | 22 |
| 3.8.2. Análisis de varianza para cada localidad | 23 |
| 3.8.3. Análisis de varianza a través de localidades | 24 |
| 3.9.1. Obtención de antocianinas, procesamiento y análisis de los datos procedimiento (Método de Fulekis Francis). El cual de acuerdo a este método se siguen estos pasos | 25 |
| 3.9.1.1. Evaluación del contenido de antocianinas de las variedades en estudio | 26 |
| 3.9.2. En análisis de datos de campo | 26 |
| 3.9.3. Uso de software | 26 |
| CAPÍTULO IV | 27 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 27 |
| 4.1. Análisis de rendimiento en seis localidades de 6 variedades de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.). | 27 |
| 4.1.1. Análisis de variancia a través de localidades | 30 |
| 4.1.1.1. Prueba de homogeneidad de varianzas | 30 |
| 4.2. Análisis de contenido de antocianinas | 34 |
| 4.2.1. Contenido de antocianinas en la coronta en seis variedades de maíz morado | 34 |
| 4.2.2. Contenido de antocianinas en las brácteas (panca) en seis variedades de maíz morado | 37 |
| 4.3. Promedios de antocianinas provenientes de la coronta y brácteas de seis variedades de maíz morado. | 41 |
| CAPÍTULO V | 42 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 42 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO VI | 43 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 43 |
| Anexo 2. Resultados de Análisis de Suelo de Laboratorio | 52 |
| Figura 16: Fotografías de la certificación de algunas variedades | 58 |
| Figura 18: Hoja de la certificación de empresa PRONEX para análisis de Antocianina | 60 |
| Anexo 4. Fotografías descriptivas de las variedades de maíz morado en estudio | 61 |
| Anexo 5. Fotografías correspondientes a la cosecha y procesamiento de las variedades de maíz morado en estudio, en las distintas localidades. | 64 |
| Anexo 6. Fotografías de los procesos de los análisis para la determinación del porcentaje de antocianinas en laboratorio. | 66 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el respaldo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en seis caseríos del distrito de Ichocán, Provincia de San Marcos, Región Cajamarca, en campo de los productores, en diferentes pisos altitudinales desde 2300 a 3170 m.s.n.m. Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos Aleatorizado con seis variedades de maíz morado y cuatro repeticiones; las variedades en estudio fueron: INIA-601, de Cajamarca, INIA-615 Negro Canaán de Ayacucho, UNC-47 de la Universidad Nacional de Cajamarca, Canteño, PMV 581 de la Universidad Nacional Agraria La Molina y Maíz Morado Mejorado, variedad experimental de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca-INIA. Cada una de las parcelas de evaluación está formada de 8 surcos con 4 repeticiones al azar haciendo un área de experimento neto de 844 m², de los cuales solo se tomaron los datos de los 4 surcos centrales. Con el objetivo de determinar el rendimiento y el porcentaje de antocianinas por piso altitudinal. El rendimiento fue determinado con la fórmula de grano seco al 14%, en hoja de cálculo Excel y el porcentaje de antocianinas se determinó en el laboratorio de la empresa PRONEX con el uso del método Fulekis Francis. Los resultados muestran que la variedad INIA 601 destaca por su rendimiento con 2562.70 kg.ha⁻¹ y para el contenido de antocianinas destaca de igual manera la variedad INIA 601 con 6.38% en coronta y 2.93% en bráctea.

Palabras claves: Maíz morado, porcentaje de antocianinas, método de Fulekis Francis, rendimiento, calidad.

ABSTRACT

This research work was carried out with the support of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA), in six hamlets of the district of Ichocán, Province of San Marcos, Cajamarca Region, in the field of producers, in different altitudinal floors from 2300 to 3170 msnm. The experimental design of Randomized Complete Blocks was used with six varieties of purple corn and four repetitions; the varieties under study were: INIA-601, Cajamarca, INIA-615 Negro Canaán de Ayacucho, UNC-47 of the National University of Cajamarca, Canteño, PMV 581 of the National Agrarian University La Molina and Improved Purple Maize, experimental variety of the Agricultural Experimental Station Baños del Inca-INIA. Each of the evaluation plots consists of 8 rows with 4 repetitions at random making a net experiment area of 528 m², of which only the data of the 4 central rows were taken. The objective of the research work is to determine the yield and the percentage of anthocyanin per altitudinal floor. The yield was determined with the dry grain formula at 14%, in Excel spreadsheet and the percentage of anthocyanins was determined in the laboratory with the use of the Francis Fulekis method. The results show that the INIA 601 variety stands out for its performance with 2562.70 kg.ha⁻¹. And for the anthocyanins content, the INIA 601 variety stands out with 6.38% in the crown and 2.93% in the bract.

Key words: Purple corn, anthocyanins percentage, spectrophotometer method, yield.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el Perú se siembran alrededor de 440 000 hectáreas de maíz, de las cuales 3 939 corresponden al maíz morado, 209 200 al maíz duro y 231 000 amiláceo (SENASA, 2009).

La demanda de productos en el mercado internacional, ya sean agrícolas, medicinales, farmacéuticos, textiles, artículos de belleza, entre otros se incrementa al pasar del tiempo, buscando hoy en día la inocuidad e integridad del consumidor, para ello se busca reemplazar los productos sintéticos por aquellos que sean de origen natural u orgánico (SENASA, 2009).

El cultivo del maíz morado tiene una importancia creciente en el Perú, principalmente para los productores de la sierra, por la demanda que existe hoy en día a nivel mundial, por el contenido de antocianinas el cual le brinda el color morado característico de este tipo de maíz (Block et al, 1992). Estos pigmentos representan un potencial para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos, así como el impacto que tiene su consumo diario en la salud, siendo un alimento nutraceutico ya que es un antioxidante natural, previene algunos tipos de cáncer, presenta beneficios contra la hipertensión, entre otros (Block et al, 1992).

En tal sentido este trabajo de investigación “Estudio del contenido de antocianinas en 6 variedades de maíz morado (*Zea mays* L.), en el distrito de Ichocán Provincia de San Marcos, Región Cajamarca”, cuyos resultados están dirigidos a la comunidad científica, productores de maíz morado, profesionales, técnicos, así como para la ciudadanía interesada en el tema, tiene como finalidad dar a conocer datos tanto de rendimiento como de porcentaje de antocianinas.

1.1. Problema de investigación

Se desconoce el rendimiento y el porcentaje de antocianinas en coronta y bráctea de maíz morado en Ichocán, distrito de San Marcos de la región Cajamarca. No se reportan trabajos en la zona respecto al presente estudio del maíz morado.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el rendimiento y contenido de antocianinas de 6 variedades de maíz morado cultivadas en distintos pisos altitudinales en el distrito de Ichocán provincia de San Marcos, región de Cajamarca?

1.3. Objetivo general

Comparar el rendimiento y contenido de antocianinas en 6 variedades de maíz morado cultivadas en el distrito de Ichocán - San Marcos.

1.4. Objetivos específicos

Determinar el rendimiento en grano seco de 6 variedades de maíz morado en distrito de Ichocán - San Marcos.

Determinar el contenido porcentual de antocianinas en 6 variedades de maíz morado del Distrito de Ichocán, San Marcos, a nivel de laboratorio.

Determinar el mejor piso altitudinal para la producción de maíz morado.

1.5. Hipótesis de la investigación

Al menos una de las 6 variedades en estudio será superior en rendimiento y contenido de antocianinas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

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

2.1.1.- Origen y expansión del maíz (*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 alcanzó una gran especialización evolutiva, especialmente en las regiones de Perú y México. (Gruneberg, 1966).

El maíz morado (*Zea mays* L.), 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, Ecuador, Bolivia y Argentina (Fei *et al*, 2016).

2.1.2. Clasificación taxonómica del maíz (*Zea mays* L.)

| | | |
|-------------|---|--|
| Reyno | : | Vegetal |
| División | : | Tracheophyta |
| Subdivisión | : | Pterapsidae |
| Clase | : | Angiosperma. |
| Sub Clase | : | Monocotiledoneae. |
| Orden | : | Graminales. |
| Familia | : | Graminea. |
| Tribu | : | Maydeae. |
| Género | : | <i>Zea</i> . |
| Especie | : | <i>Zea mays</i> L. (Reyes C., P.1990). |

2.1.3. Morfología de la planta

Las raíces: 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 (Takhtajan, 1980).

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 (Takhtajan, 1980).

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 (Takhtajan, 1980).

Flor: El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral (Takhtajan, 1980).

- **Floración masculina:** La inflorescencia masculina es una panícula formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas (Risco, 2007).
- **Floración femenina:** La inflorescencia femenina es una estructura única llamada mazorca (Risco, 2007). 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).

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).

2.2. Importancia del maíz

Bajo condiciones climáticas adecuadas o mediante el aporte del riego, el maíz es el más productivo de los cereales. Aunque es una especie originaria de zonas semiáridas, las variedades mejoradas actuales sólo resulta rentable cultivarlas en climas con unas precipitaciones suficientes o bien en regadío. Bajo estas condiciones de humedad, el maíz es uno de los cultivos más importantes en gran parte de las regiones templadas, subtropicales y tropicales (Nuñez, 1993).

La gran cantidad de variedades existentes en el mercado, tanto para grano como para forraje, adapta a las condiciones locales de clima y de suelo, hacen posible su cultivo en gran número de países de cinco continentes entre latitudes muy separadas (Nuñez, 1993).

Su amplia capacidad de adaptación actual y su elevado rendimiento y las posibilidades futuras de mejora por vía genética hacen de este cereal uno de los cultivos más prometedores para afrontar la amenaza del hambre en el mundo (Llanos C., M.1984).

2.2.1. Importancia de maíz morado

Debido a su riqueza de color purpura, pigmentos de maíz morado ya mucho tiempo se han utilizado para colorear los alimentos y bebidas. En América del sur, extractos de maíz morado se aplican ampliamente en la coloración de postres caseros y bebidas como la chicha morada y mazamorra morada, una bebida popular y postre preparado a partir de maíz morado (FAO 2013).

Los investigadores a nivel mundial están prestando más atención a esta rica fuente de fotoquímicos. Las antocianinas, los pigmentos primarios en maíz morado, se ha informado de que se asocia con el potencial de reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular, la obesidad, diabetes, cáncer y enfermedades crónicas (Konczak y Zhang 2004; He y Giusti 2010).

Sin embargo, también se usa como materia prima para la extracción del pigmento característico de esta para el uso de tintes, entre otros productos.

2.2.2. Ecología

El maíz es una planta dotada de una amplia respuesta a las oportunidades que ofrece el medio ambiente. Esta cualidad ha sido explotada por el hombre para conseguir variedades adaptadas a condiciones muy dispares. Actualmente existe una gran diversidad de tipos y razas de maíz útiles para su cultivo bajo condiciones naturales muy distintas de las propias de su habitat original (Llanos, 1984).

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).

2.2.3. Antecedentes de la investigación

En el campo experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)-Canaán Ayacucho, con el objetivo de determinar la mejor respuesta varietal para rendimiento y contenido de antocianinas. El mayor rendimiento de mazorca se alcanzó con la variedad INIA-615-Negro Canaán con 3.67 t.ha^{-1} seguida de la variedad PMV-581 resultó con 2.78 t.ha^{-1} . Con el nivel de fertilización f3 se logró el mayor rendimiento de mazorcas (3.69 t.ha^{-1}), seguido por los niveles f4 y f2 que resultaron estadísticamente iguales. Asimismo, con el nivel de fertilización f2 (120-110-80) se obtuvo el mayor contenido de antocianinas en equivalentes de cianidina-3-glucósido $\text{mg}/100\text{g}$ 2,21 estadísticamente igual a los niveles de fertilización f4 (120-120-100) 1,64 y f3 (120-90-60) 1.62 En el contenido de antocianinas en equivalentes de cianidina-3-glucósido $\text{mg}/100\text{g}$, la variedad Negro Canaán con 1.82 y la variedad PMV-581 con 1,67 estadísticamente resultaron iguales (Pinedo 2015).

En parcelas del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con el objetivo de determinar el efecto de tres láminas de riego en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz morado; para lo cual se evaluaron cuatro variedades de maíz morado: PMV-581, var. CAJAMARCA-INIA 601, var. INIA 615 –NEGRO CANAAN y var. MORADO CANTEÑO. Se obtuvo como resultado los rendimientos totales de mazorca (considerando 14 % H), donde: INIA-615 NEGRO CANAAN, tuvo 8.5 t.ha^{-1} , CANTEÑO, 8.12 ; PMV con 7.9 t.ha^{-1} ; e INIA 601; con rendimiento de 7.8 t.ha^{-1} . Asimismo, con respecto a rendimiento comercial se obtuvieron los siguientes rendimientos; INIA-615 NEGRO CANAAN presentó el mayor rendimiento comercial con 8.2 t.ha^{-1} de mazorcas, mostrando una diferencia del 4.6% respecto de INIA-601 CAJAMARCA, la variedad que presentó el menor rendimiento con 7.8 t.ha^{-1} de mazorcas. Finalmente, respecto a la concentración de antocianinas el mayor valor se presenta en CANTEÑO ($642.6 \text{ mg A}/100\text{g}$) (Cabrera, 2016).

2.2.4. Rendimiento nacional de maíz morado

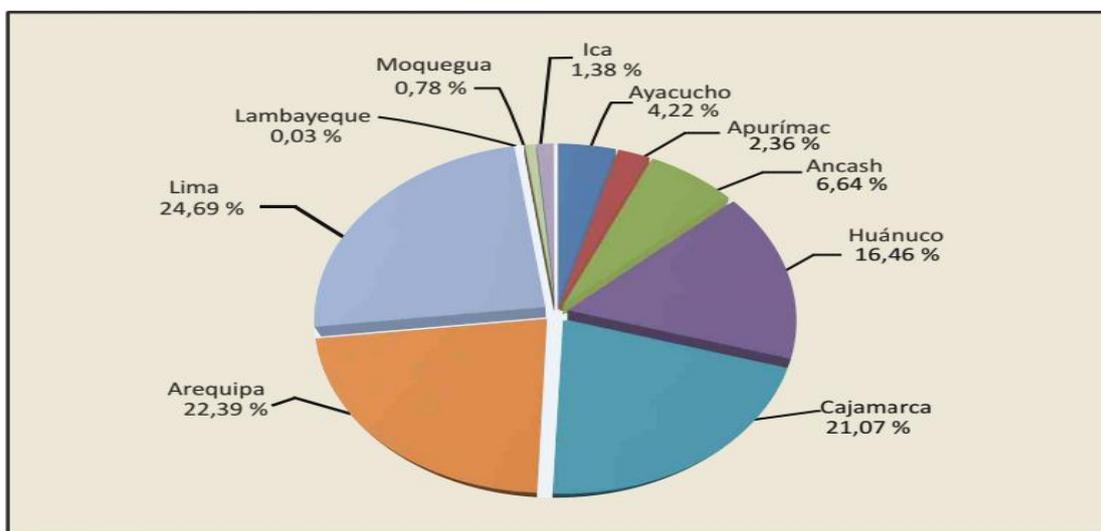
En el año 2006, el rendimiento promedio nacional fue de 4675 kg.ha^{-1} , la región de Cajamarca obtuvo el mayor rendimiento a nivel nacional con 8389 kg.ha^{-1} , seguido de Apurímac y Huánuco con 8100 kg.ha^{-1} y 7105 kg/ha respectivamente. Mientras las regiones de Arequipa y Lima obtuvieron un rendimiento de 4685 kg.ha^{-1} y 2974 kg.ha^{-1} respectivamente (Quispe, R. 2010).

Durante la campaña 2011-2012, los principales departamentos productores de maíz morado en el Perú, fueron Lima, Huánuco y Arequipa. El departamento que logró el mayor rendimiento nacional fue Huánuco con 6906 Kg/ha, lo sigue Lima con 5711 kg.ha⁻¹, y luego Arequipa con 5072 Kg/ha. El departamento de Lima es el mayor productor con 9161 toneladas en un área sembrada de 1616 has. (Gobierno Regionales) (2011-2012).

2.2.5. El maíz morado en el Perú; producción

El Perú es el único país que realiza siembras comerciales de maíz morado, La dirección General de Competitividad agraria del Ministerio de Agricultura, señala que las regiones de mayor producción de maíz morado son Lima con 24.69%, Arequipa con 22.39%, Cajamarca con 21.07%, Huánuco con 16.46% (MINAGRI, 2011).

Figura 1. Principales regiones productoras de maíz morado (% área sembrada)



Fuente: Ministerio de Agricultura 2011

2.3. Rendimiento

En Cajamarca, y zonas de influencia de la presente investigación presentó un rendimiento promedio de 1.5 t.ha⁻¹. En grano seco (IEPARC, 2016).

2.4. Manejo de cultivo

Es similar al que se realiza en los demás tipos de maíces, variando en muy pocos aspectos.

2.4.1.- Fertilización

La aplicación de nitrógeno (N) permite obtener altos rendimientos y la aplicación de fósforo (P) y potasio (K) evitan una reducción en el rendimiento de los pigmentos.

2.4.1.1. Abonamiento

El abono utilizado fue:

a.- Aminorgan: Materia sólida, pulverulenta, empleada como enmienda biológica y órgano-húmica, regeneradora de suelos y con una gran selección y concentración de microorganismos vivificables, beneficiosos y seleccionados previamente para la mejora de los suelos. Contiene:

- ✓ 40% de materia orgánica total.
- ✓ 2% de nitrógeno.
- ✓ 20% de extracto húmico total y ácidos húmicos.
- ✓ 30% humedad máxima (Villagarcia et al. 1994).

b.- Guano de isla: Es el sustrato resultante de la acumulación masiva de excrementos de aves marinas en ambientes áridos o de escasa humedad.

Es un fertilizante natural completo, ideal para el buen crecimiento, desarrollo y producción del cultivo. Contiene macro-nutrientes como el nitrógeno de 10 a 14%, fosforo de 10 a 12 % y potasio de 2 a 3 % (Villagarcia et al. 1994).

2.4.2. 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).

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

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

2.4.3. Post cosecha

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 18 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).

La mazorca luego de ser despancada se desgrana y se procede al picado de la tusa o coronta en la maquina picadora para luego ser llevada a la planta de secado y así dependiendo de las condiciones climáticas llega a un 10 % de humedad entre 5 a 8 días, de igual manera para la panca. Para luego proceder con el empacado en costales de polietileno (PNIA 2017).

2.5. Usos y beneficios del maíz morado

Actualmente el maíz morado es usado a nivel casero, como colorante natural y saborizante en bebidas y otros preparados alimenticios como la “mazamorra morada”. Las antocianinas extraídas de maíz morado se utilizan en la elaboración de yogurt (Salinas et al. 2005).

Las antocianinas proveniente del maíz morado es un tipo de flavonoide complejo. Es un pigmento procesado y purificado que se principalmente de la coronta (Araujo 1995).

2.5.1. Aspectos relacionados con pigmento antocianinas

El maíz morado se utiliza como alimento y colorante desde tiempos ancestrales, y se caracteriza por presentar antocianinas del tipo cianidina-3- β -glucósido, pelargonidina-3-glucósido, y peonidina-3-O-glucósido a nivel de coronta con bajos contenidos de sólidos solubles, lo que facilita su uso a nivel industrial (Escribano et al. 2004 y Pascual et al. 2002).

2.5.1.1 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).

La mazorca (tusa y grano) está constituida en un 85% por grano y 15% por coronta (tusa). Este fruto contiene el pigmento denominado antocianinas, que se encuentra en

mayor cantidad en la coronta y, en menor proporción, en el pericarpio (cáscara) del grano, siendo uno de los principales alimentos en la dieta peruana, utilizado frecuentemente en la preparación de bebidas como la chicha morada y postres como la mazamorra morada (Otiniano, 2012).

Recientes investigaciones informan sobre la existencia de cianidina 3 - glucósido en el grano del maíz morado, como la principal antocianinas (flavonoide) contenida en este fruto. Otras antocianinas identificadas fueron cianidina 3-(6"-malonil glucósido) y peonidina 3-glucósido (Yolanda et al., 2013).

La cianidina 3-glucósido, una importante antocianina presente en el maíz morado, suprime el 7,12-dimethylbenzo antraceno, el cual induce a la carcinogénesis mamaria, lo que indica que el color de maíz morado puede ser un agente quimioterapéutico prometedor (Fukamachi et al., 2008).

Beneficios y propiedades de las antocianinas para la salud

2.5.1.2. Propiedades antioxidantes

La reacción en cadena de radicales libres – implicado en el mecanismo generalmente aceptado para la oxidación degenerativa en tejido vivo. La propiedad antioxidante del maíz morado se ha evaluado exhaustivamente en varios ensayos libres radical de barrido, estudios celulares in vitro, y estudios en animales in vivo (Wang y Stoner 2008).

Aunque hay varias investigaciones científicas sobre las propiedades biológicas de las antocianinas del maíz morado y su poder antioxidante in vitro, hay una falta de pruebas in vivo. El amplio conocimiento de la biodisponibilidad y el metabolismo de las antocianinas es, pues, esencial para que sus efectos sobre la salud sean entendidos. La evidencia actual en la literatura pobremente describe el metabolismo de las antocianinas en el ser humano, sin información sobre los efectos biológicos de sus metabolitos (Fernández et al., 2013). Las antocianinas se han propuesto para ser absorbidas en el estómago (Fernández et al., 2012; Passamonti et al., 2003; Talavera et al., 2003) y el intestino delgado (Talavera et al., 2004) apareciendo en la circulación sanguínea y orina intactas y/o formas conjugadas (metilado, glucurono y/o formas sulfoconjugadas) (Felgines et al., 2003; Kay et al., 2005; Kay et al., 2004; Talavera et al., 2004; Wu et al., 2002). Sin embargo, la identificación de metabolitos derivados ha sido limitada como resultado de su diversidad, bajas concentraciones en la sangre y la falta de normas mundiales. A diferencia de otros flavonoides, la síntesis química de los metabolitos de

antocianinas es limitada debido a su baja estabilidad en su síntesis bajo condiciones (pH y temperatura) normalmente aplicados a otros compuestos flavonoides que obtienen metabolitos (Dueñas et al., 2012). Sin embargo, algunos metabolitos de las antocianinas se han sintetizado enzimáticamente (Fernández et al., 2009). Como es fundamental determinar si estos nuevos compuestos son responsables de algunas actividades biológicas reportadas por las antocianinas, la purificación de metabolitos de antocianinas es crucial. Recientemente, diversos materiales conteniendo antocianinas están siendo incorporados a productos alimenticios, donde tales productos requieren investigación a futuro para demostrar sus efectos fisiológicos.

2.5.2. Actividades anti inflamatorias

Se ha revelado que los pigmentos de maíz morado pueden debilitar la inflamación. En pruebas con ratones, en contraste las células que recibieron tratamiento de extractos de antocianina rica en maíz morado mostraron mitigación a la inflamación (Kang y otros 2012).

2.5.3. Investigaciones científicas de antocianinas aplicadas en ratas de laboratorio

Una investigación científica realizada por (Pedreschi y Cisneros Zevallos 2006), comprobó que las fracciones fenólicas obtenidas a partir de maíz morado tienen propiedades antimutagénicas. Este estudio evaluó si las antocianinas de maíz morado retardan la hiperglucemia crónica; el extracto de maíz morado rico en antocianinas suprimió la proliferación de células colorrectales en humanos y ejerce una interacción aditiva con los otros compuestos fenólicos funcionales (Jing y Giusti, (2007), Jing et al. (2008), Arroyo et al. (2010) describieron el efecto hipotensor de un extracto de (*Zea mays* L.) (maíz morado) en ratas hipertensas. Esta reducción de la presión arterial fue explicada por la actividad vasodilatadora, dependiente de óxido nítrico, de dicho extracto. No obstante, diferentes extractos de maíz morado contienen diferentes moléculas adicionales (Arroyo et al. 2010) que podrían disminuir o incrementar el efecto vasodilatador de las antocianinas. El mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo como resultado del consumo de antocianinas. Estos efectos sugieren que las antocianinas ostentan propiedades funcionales interesantes, y podría representar una prometedora clase de compuestos útiles en el tratamiento de patologías (Moreno 2013).

2.5.4. Cáncer de colon

Los beneficios del consumo del maíz morado en el desarrollo del cáncer de colon han sido estudiados por los investigadores a nivel internacional (Hagiwara y otros 2001; Reddy y otros 2005; Jing y otros 2008; Zhao y otros 2009). En un estudio con ratas se le suministró a su dieta el color morado del maíz morado (5% de nivel de dieta). Esto mostró una reducción significativa de la carcinogénesis, lo que sugiere el color maíz morado tiene efectos positivos sobre el desarrollo de tumores en el colon (Hagiwara y otros 2001).

2.5.5. Cáncer de pulmón

Las antocianinas predominantes en maíz morado, se ha demostrado que es capaz de inhibir el desarrollo de células de tumor de pulmón en ratones. En el experimento en ratones redujo el tamaño del crecimiento de tumor y metástasis inhibida in vivo (Ding y otros 2006).

Mejora de enfermedades de estilo de vida: la obesidad, la diabetes, la hiperglucemia, y enfermedades asociadas.

Se han realizado una serie de experimentos, centra en los efectos de las antocianinas de maíz morado en la prevención del síndrome metabólico (Tsuda 2008). Color de maíz morado demostró para prevenir la obesidad en ratones macho (Tsuda y otros 2003).

2.5.6. La regulación de la presión arterial

En un estudio en el se utilizaron ratas hipertensas de laboratorio como experimento se administraron por vía intragástrica maíz morado dos veces al día durante 5 semanas, se observó una inhibición significativa de un aumento en la presión arterial después de 8 días (Toyoshi y Kohda 2004).

2.6. Principio colorante del maíz morado

El principio colorante del maíz morado lo constituye en mayor porcentaje los pigmentos denominados antocianinas. Dentro de las antocianinas se encuentran los colorantes vegetales rojos, azules y violetas (FOPEX, 1983).

Las antocianinas (del griego anthos: “flor” y Kyaos: “azul”) pertenece al grupo de los flavonoides, específicamente los bioflavonoides, y es un pigmento rojo azulado que protege a las plantas, sus flores, sus frutos contra la luz ultravioleta (UV), y por su propiedad antioxidante, protege contra los efectos deletéreos de los radicales libres (Paucar, 2011).

El color de las antocianinas resulta de la excitación de la molécula por la luz visible. La facilidad con la que la molécula es excitada depende de la movilidad relativa de los electrones de 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 (Fennema, 2000).

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

Reemplazar los colorantes sintéticos por los colorantes naturales representa un reto debido a la mayor estabilidad de los colorantes sintéticos con respecto a factores como la luz, oxígeno, temperatura y pH, entre otros (Cevallos y Cisneros.2003).

El color y la estabilidad de las antocianinas depende de varios factores que incluyen la estructura y concentración de los pigmentos, pH, temperatura, intensidad y tipo de luz, presencia de copigmentos, iones metálicos, enzimas, oxígeno, ácido ascórbico, azúcares y sus productos de degradación y dióxido de sulfuro, entre otros (Mazza y Minati, 1993; Francis, 1989; citado por Cevallos y Cisneros.2003).

Por la existencia del "electrón eficiente", los núcleos flavilium de las antocianinas son altamente reactivos y, por lo tanto, sufren fácilmente cambios indeseables en la estructura y color, bajo las 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).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

La presente investigación ha sido conducida en parcelas de los productores de maíz morado, involucrando a los caseríos de Montoya, Sunchupampa, Llollón, Poroporito, La Victoria y Llanupaccha; comprensión al distrito de Ichocán, provincia San Marcos, región Cajamarca.

Las parcelas han sido instaladas en diferentes pisos altitudinales desde 2200 a 3200 m.s.n.m. las altitudes, longitudes y latitudes específicas se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Georreferenciación de las seis localidades

| Propietario | Caserío | Parcela | Altitud m.s.n.m | Coordenadas UTM | |
|---------------|-------------|--------------|--------------------|-----------------|---------|
| Juan Ruiz | Montoya | "La Huerta" | 2370 | 815762 | 9186820 |
| Marcos Burgos | Sunchupampa | "Doña Anita" | 2495 | 816893 | 9186122 |
| Jaime Sánchez | Llollón | "Casa Vieja" | 2770 | 9185018 | 9185632 |
| Elsa Muñoz | Poroporito | "La Capilla" | 2870 | 821946 | 9183832 |
| Mario Abanto | La Victoria | "Don Sergio" | 2927 | 821227 | 9185018 |
| Eladio Burgos | Llanupacha | "El Ballico" | 3140 | 819657 | 9183244 |

3.2. Condiciones climáticas durante el periodo de cultivo

En la **tabla 2**, se muestran los índices climáticos durante el periodo de cultivo, que abarcan los meses de diciembre del año 2016 al mes de junio del año 2017, haciendo referencia a la institución correspondiente, y haciendo los cálculos respectivos con los datos de temperatura, de bulbo húmedo y bulbo seco para encontrar el porcentaje de humedad relativa.

Tabla 2. Índices climáticos durante el periodo del cultivo

| Año | Mes | Temperatura (°C) | | | PP (mm) | H R (%) |
|-----------------|-----------|--------------------|-------------|--------------|---------------|------------|
| | | Max | Min | Media | | |
| 2016 | Diciembre | 20.38 | 9.16 | 14.77 | 105.7 | 70 |
| 2017 | Enero | 19.84 | 9.27 | 14.56 | 143.9 | 72 |
| 2017 | Febrero | 20.30 | 8.76 | 14.53 | 63.6 | 79 |
| 2017 | Marzo | 18.81 | 9.58 | 14.20 | 226.4 | 75 |
| 2017 | Abril | 19.93 | 9.46 | 14.70 | 129.3 | 70 |
| 2017 | Mayo | 20.05 | 8.87 | 14.46 | 41.4 | 60 |
| 2017 | Junio | 20.43 | 7.09 | 13.76 | 7.8 | 50 |
| Promedio | | 19.96 | 8.88 | 14.42 | 102.59 | 68 |
| Total | | | | | 718.1 | |

Fuente: SENAMHI (Consulta Noviembre 2017)

3.3. Análisis de suelo

Con un mes de anticipación para la siembra, se procedió al recojo de muestras de suelo de cada parcela, aplicando las recomendaciones técnicas establecidas para el recojo de sub muestras, que al final nos darían una muestra representativa, de aproximadamente 300 gramos de suelo las mismas que posteriormente serían llevadas al Laboratorio de Análisis de suelo de la EEA. Baños del Inca – INIA, para su respectivo análisis, y cuyos resultados se muestran en la **tabla 3**.

Tabla 3. Determinación y sus métodos aplicados en el análisis de suelo

| Determinación | Método |
|--------------------------|-----------------------------|
| Fósforo disponible (ppm) | Olsen Modificado |
| Potasio disponible (ppm) | Extracción Ac. Sulfúrico 6N |
| pH | Potenciométrico |
| Materia orgánica (%) | Wackley – Black Modificado |
| Nitrógeno Total (%) | Microkjeldahl |

Fuente: Laboratorio de Suelos - EEA. Baños del Inca – INIA

Tabla 4. Resultados del análisis físico - químico de la muestra de suelo de las parcelas experimentales

| Propietario | Caserío | Determinación | | | | | Recomendación |
|-----------------|-------------|---------------|-------|-----|------|---------|---------------|
| | | P | K | pH | M.O. | N total | |
| | | (ppm) | (ppm) | | (%) | (%) | |
| Juan Ruiz | Montoya | 3.34 | 345 | 7.3 | 2.32 | 0.116 | 110 - 65 - 40 |
| Marcos Burgos | Sunchupampa | 1.42 | 345 | 7.3 | 2.35 | 0.118 | 110 - 65 - 40 |
| Jaime Sánchez | Llollón | 29.33 | 350 | 7.4 | 2.46 | 0.123 | 110 - 40 - 40 |
| Elsa Muñoz Ruiz | Poroporito | 6.62 | 340 | 7.2 | 2.1 | 0.105 | 110 - 60 - 40 |
| Mario Abanto | La Victoria | 11.93 | 345 | 7.3 | 3.16 | 0.158 | 100 - 55 - 40 |
| Eladio Burgos | Llanupacha | 17.65 | 340 | 7.3 | 1.88 | 0.094 | 120 - 50 - 40 |

Fuente: Laboratorio de Suelos - EEA. Baños del Inca – INIA

Los resultados de cada una de las localidades se interpretan a continuación:

Montoya: Fósforo (P) muy bajo, potasio (K) medio, pH (reacción) ligeramente alcalino y materia orgánica (M.O) medio.

Sunchupampa: Fósforo (P) muy bajo, potasio (K) medio, pH (reacción) ligeramente alcalino y materia orgánica (M.O) medio.

Llollón: Fósforo (P) alto, Potasio (K) medio, pH (reacción) neutro y materia orgánica (M.O) medio.

Poroporito: Fósforo (P) medio, potasio (K) medio, pH (reacción) ligeramente alcalino y materia orgánica (M.O) medio.

La Victoria: Fósforo (P) medio, potasio (K) medio, pH (reacción) ligeramente alcalino y materia orgánica (M.O) medio.

Llanupacha: Fósforo (P) alto, potasio (K) medio, pH (reacción) ligeramente alcalino y materia orgánica (M.O) bajo.

3.4. Materiales de campo

3.4.1. Material biológico. En el presente trabajo de investigación se hizo uso de 5 semillas certificada a excepción de maíz morado mejorado que es una variedad experimental de INIA Cajamarca.

3.4.1.1. 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).

Esta variedad conformada en base a germoplasma proveniente de las variedades moradas de Caraz y 148 progenies de la variedad local Negro de Parubamba, y en base a 4 ciclos de selección recurrente bajo el sistema de medios hermanos, trabajo que se a realizado desde 1990 en la Sub Estación Experimental de Cajabamba, Baños del Inca (Cajamarca) y en la Estación Experimental Santa Ana de Huancayo.

Dentro de sus características sobresale el color morado intenso de la tusa y del grano, precocidad, prolificidad mayor de 81.5, rendimiento, buen tipo de planta y sanidad de mazorca. Tolerante a plagas y enfermedades, particularmente a (*Helicoverpa zea*) (mazorquero) a las enfermedades (*Helminthosporium turcicum*) (rancha) y Fusarium moniliforme (pudrición de la mazorca).

3.4.1.2. 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 21 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).

Variedad de libre polinización, con estabilidad y rendimiento, para las condiciones de la sierra del Perú con precocidad y proliferación mayor de 1.5. Se adapta a las condiciones de los valles interandinos de la sierra, desde los 2 000 hasta 3 000 m.s.n.m.

3.4.1.3. 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 (Sevilla y Valdez 1985), se desarrolla bien entre los 1800 a 2500 msnm.

3.4.1.4. 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⁻¹ (Manrique, 1997).

3.4.1.5. Maíz morado mejorado

Variedad experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria, la cual se adapta para la parte sierra del Perú.

3.4.1.6. UNC-47

Variedad que lanzó la Universidad Nacional de Cajamarca, denominada “Grone”.

Otros materiales biológicos

Abonos (Guano de isla, Aminorgan).

3.4.2. Agroquímicos

- Abonos foliares (bio2, vital y pro humus).
- Insecticidas para controlar cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smit) (Lorsban 4E).
- Aceite comestible para control del (*Helicoverpa zea*).
- Etiquetas.
- Cucuruchos.
- Costales.
- Maquina picadora.
- Gotero.

3.4.3. Material de campo

- Palanas.
- Estacas.
- Cadena graduada.
- Balanza.
- Bolsas.
- Baldes.
- Wincha.
- Rafia.

3.4.4. 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.

3.4.5. Materiales utilizados en la obtención de Antocianinas

Coronta y bráctea molida de seis variedades de maíz morado de cada parcela de estudio.

3.4.6. Reactivos

- ✓ Solución de etanol - ácido clorhídrico 2%
- ✓ Agua desionizada.

3.5. Metodología

El trabajo de investigación se realizó entre los meses de enero a agosto del 2017. Se usaron 6 variedades de maíz morado: INIA-601, INIA-615, Negro Canaan, UNC-47 de la Universidad Nacional de Cajamarca, Canteño, PMV 581 de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Maíz Morado Mejorado. Evaluándose de ésta manera el comportamiento de cada uno de ellos para finalmente determinar el rendimiento y contenido de antocianinas. Para el estudio de las antocianinas se utilizó el método del Fulekis Francis. En el caso del rendimiento los datos fueron tomados de la siguiente manera.

3.6. Evaluaciones: Toma de datos biométricos en pre cosecha

3.6.1. Número de plantas: Se obtuvo contando la cantidad de plantas que hubo en cada unidad experimental al momento de la cosecha. Este dato es importante para corregir el rendimiento de grano seco por fallas (INIA, 2007).

3.6.2. Días a la floración femenina: Se evaluó en los cuatro 4 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 (Paucarima, 2007).

3.6.3. Días a la floración masculina: Se evaluó en los cuatro 4 surcos centrales de cada tratamiento. 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).

3.6.4. Altura de planta: Se realizó medidas en cada unidad experimental tomadas en los 4 surcos centrales, desde el cuello de la planta, hasta el nudo de la última hoja, expresado en cm. (Estrada et al., 2006). Se tomaron altura de 10 plantas al azar de la parcela por tratamiento.

3.6.5. Altura de mazorca: Se efectuaron mediciones de plantas tomadas en los 4 surcos centrales, desde el nivel del suelo de planta hasta la posición de la mazorca superior en cm, (Estrada et al., 2006). De igual manera se tomó 10 plantas al azar de cada parcela por tratamiento.

3.7. Evaluaciones: Toma de datos biométricos en cosecha

3.7.1. Peso de campo: Consiste en colocar las mazorcas cosechadas de los 4 surcos centrales de cada unidad experimental en baldes y con la ayuda de una balanza de reloj, se obtiene el peso correspondiente de cosecha en fresco, que servirá luego para determinar el rendimiento al corregir 14% de humedad (INIA, 2007).

3.7.2. Pudrición: Consiste en ubicar todas las mazorcas de los 4 surcos centrales de cada unidad experimental distribuidas en forma ordenada de menor a mayor según el porcentaje (grado) de pudrición que presenta cada una de ellas; luego se cuenta el número de mazorcas dependiendo el grado de pudrición. Se considera para ello la escala determinada por CIMMYT (1996), constituida por grados del 1 al 6; donde:

Tabla 7. Escala de evaluación de la pudrición de la mazorca

| GRADO | PORCENTAJE DE PUDRICIÓN (%) | PROMEDIO |
|--------------|------------------------------------|-----------------|
| 1 | Mazorcas sanas | 0 |
| 2 | 1 – 10 | 5.5 |
| 3 | 11 – 25 | 18 |
| 4 | 26 – 50 | 38 |
| 5 | 51- 75 | 63 |
| 6 | 76 -100 | 88 |

Desarrollándose de la siguiente manera: $PPP = [(N^\circ \text{ de mazorcas podridas grado 1} * \text{Promedio de grado 1}) + (N^\circ \text{ de mazorcas podridas} * \text{Promedio de grado 2}) + \dots (N^\circ \text{ de mazorcas podridas} * \text{Promedio de grado 6}) / N^\circ \text{ de mazorcas}.$

Esta información permite realizar el cálculo Promedio Ponderado de Pudrición (PPP).

3.7.3. Muestra para determinar humedad: De cada unidad experimental se recogió 10 mazorcas al azar; de las cuales se extrajo 2 hileras de grano de cada una; de esta muestra 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 cosechado el producto.

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

3.8. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos randomizados con seis tratamientos y cuatro repeticiones en cada uno de los seis pisos altitudinales (o localidades), y haciendo uso del modelo estadístico lineal según (Vásquez, 2014).

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, 6$ variedades

$j = 1, 2, \dots, 4$ bloques

Dónde:

Y_{ij} = Valor observado en la j – ésima repetición del i – ésima población.

μ = El verdadero efecto medio.

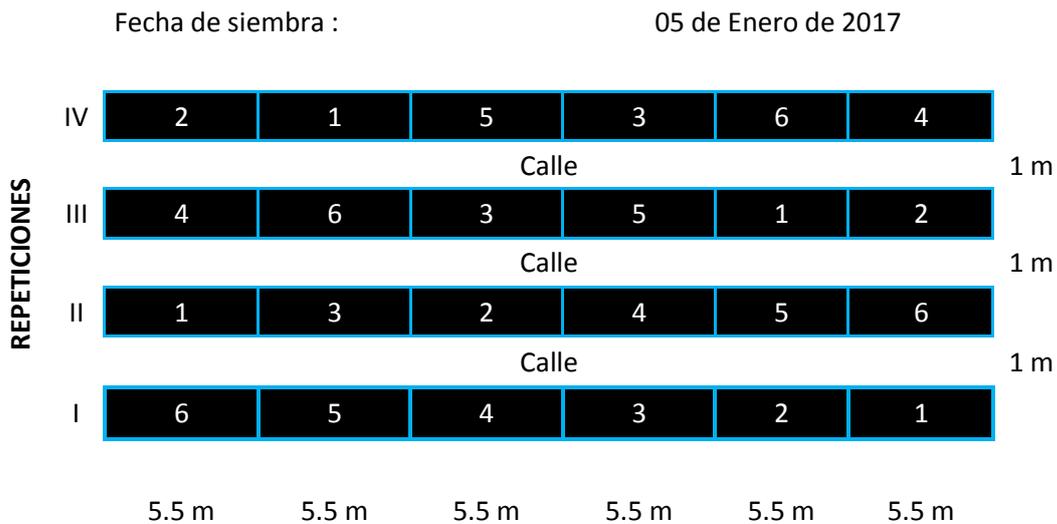
β_j = El verdadero efecto en la j – ésima repetición.

τ_i = el verdadero efecto i – ésima población.

ε_{ij} = El verdadero efecto de la unidad experimental en j – ésimo bloque que está sujeto Del i – ésimo población (error experimental).

3.8.1. Instalación de bloques

Figura 3. Croquis diseño experimental con seis variedades y cuatro repeticiones, usado en cada localidad.



| Clase | Variedad |
|-------|--------------------|
| 1 | INIA - 601 |
| 2 | CANTEÑO |
| 3 | MORADO MEJORADO |
| 4 | UNC - 47 |
| 5 | INIA - 615 |
| 6 | PM - 581 |

Características de los experimentos en las diferentes localidades

- **Número de parcelas/repetición** : 06
- **Número total de parcelas** : 24
- **Número de variedades** : 06
- **Número de repeticiones** : 04
- **Ancho de calles** : 1,0 m.
- **Número de calles** : 03
- **Largo de los surcos** : 5,5 m.
- **Ancho de los surcos** : 0,80 m.
- **Número de surcos por unidad experimental** : 08
- **Área de cada unidad experimental** : 35 m²
- **Área por ensayo (total)** : 862 m²
- **Área neta del experimento** : 844 m²

3.8.2. Análisis de varianza para cada localidad

Tabla 5. Análisis de varianza para el diseño bloques completos al azar, para cada localidad.

| F.V. | G.L. | C.M.E. |
|--------------|---------------|----------------------------------|
| Repeticiones | b-1 | $b \sum \tau_i^2$ |
| Variedad | v-1 | $\sigma_e^2 + \frac{i=1}{(v-1)}$ |
| Error | (v-1) (r-1) | σ_e^2 |
| Total | vr - 1 | |

3.8.2.1. Hipótesis

a) Respecto a poblaciones

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{10}$$

Ha: Al menos la media de una población es diferente

3.8.3. Análisis de varianza a través de localidades.

El modelo estadístico a través de localidades:

$$y_{ijk} = \mu + l_i + r_{j(i)} + \tau_k + (l\tau)_{ik} + e_{ijk}$$

Dónde: l_i, τ_k , representan los efectos de localidad y de tratamiento. $(l\tau)_{ik}$, la interacción de tratamiento por localidad.

Tabla 6. Análisis de varianza para el diseño en bloques completos randomizados a través de localidades.

| F.V. | G.L. | C.M.E. |
|--------------|--------------|--|
| Localidades | l-1 | $\sigma_e^2 + t\sigma_r^2/l + pr\sigma_l^2$ |
| Rep / Loc | l(r-1) | $\sigma_e^2 + t\sigma_r^2/l$ |
| Variedades | t-1 | $\sigma_e^2 + r\sigma_{lt} + rl\sum\tau_i^2/(t-1)$ |
| v x L | (l-1) (t-1) | $\sigma_e^2 + t\sigma_{lt}^2$ |
| Error | l(t-1) (r-1) | σ_e^2 |
| Total | lrt - 1 | |

3.8.3.1 Hipótesis

Respecto a localidades

$$H_0: \sigma_l^2 = 0$$

$$H_a: \sigma_l^2 \neq 0$$

Respecto a variedades

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{10}$$

Ha: Al menos un de la media es diferente

3.9. Método de Fulekis Francis para obtención de antocianinas

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.

3.9.1. Obtención de antocianinas, procesamiento y análisis de los datos procedimiento (Método de Fulekis Francis). El cual de acuerdo a este método se siguen estos pasos:

1. Pesar la materia prima 0.30 g de coronta molida y en el caso de bráctea 0.40 g, para ello se utiliza la balanza analítica, luego tarar el vaso de precipitación de 250 ml. A continuación, pesar los gramos de materia prima, luego se procede a colocar 100 ml. de hidróácido. Anotar el peso que hay entre la materia prima y el hidróácido (peso total).
2. El siguiente paso 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 de precipitado, al activar el agitador magnético este hará que el imán gire dentro del vaso de precipitado, lo que permite que haya una mezcla homogénea la cual se la coloca a 300 revoluciones/minuto, el agitador 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 de la pesada inicial este debe ser completado con hidróácido hasta llegar al peso original (materia prima + hidróácido), remover la muestra con un agitador y tapar con papel aluminio nuevamente, dejar reposar 30 minutos.
4. Pasada la media hora con la ayuda de una pipeta colocar 5ml de la solución en una Fiola de 100 ml., luego de ello colocar hidróácido hasta completar en la Fiola los 100 ml. Tapar con la ayuda de un tampón y mover hasta conseguir una mezcla uniforme, luego se traslada al espectrofotómetro el cual se adapta a una longitud de onda de 535 nm, celdas de 1 cm de lado. Con ello nos da el resultado de absorbancia.

3.9.1.1. Evaluación del contenido de antocianinas de las variedades en estudio

Determinar la mejor variedad con más alto porcentaje de antocianinas de los tratamientos.

- Medir porcentaje de antocianinas en coronta y bráctea secas.
- Muestras de brácteas y coronta de las variedades en estudio.

3.9.2. En análisis de datos de campo: Se tabuló y se realizó el análisis a través de los softwares SAS V9.4 (SAS Institute Inc.).

3.9.3. Uso de software: SAS se utilizó para obtener datos estadísticos, varianzas, prueba de homogeneidad de varianzas, normalidad, prueba de Shapiro-Wilk, prueba de medias y el análisis estadístico individual y combinado, así como las pruebas de rango múltiple (Vásquez, 2014).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de rendimiento en seis localidades de 6 variedades de maíz morado (*Zea mays* L.).

Tabla 8. Cuadrados medios de los análisis de varianzas de 6 variedades de maíz morado en seis localidades para rendimiento en kg/parcela.

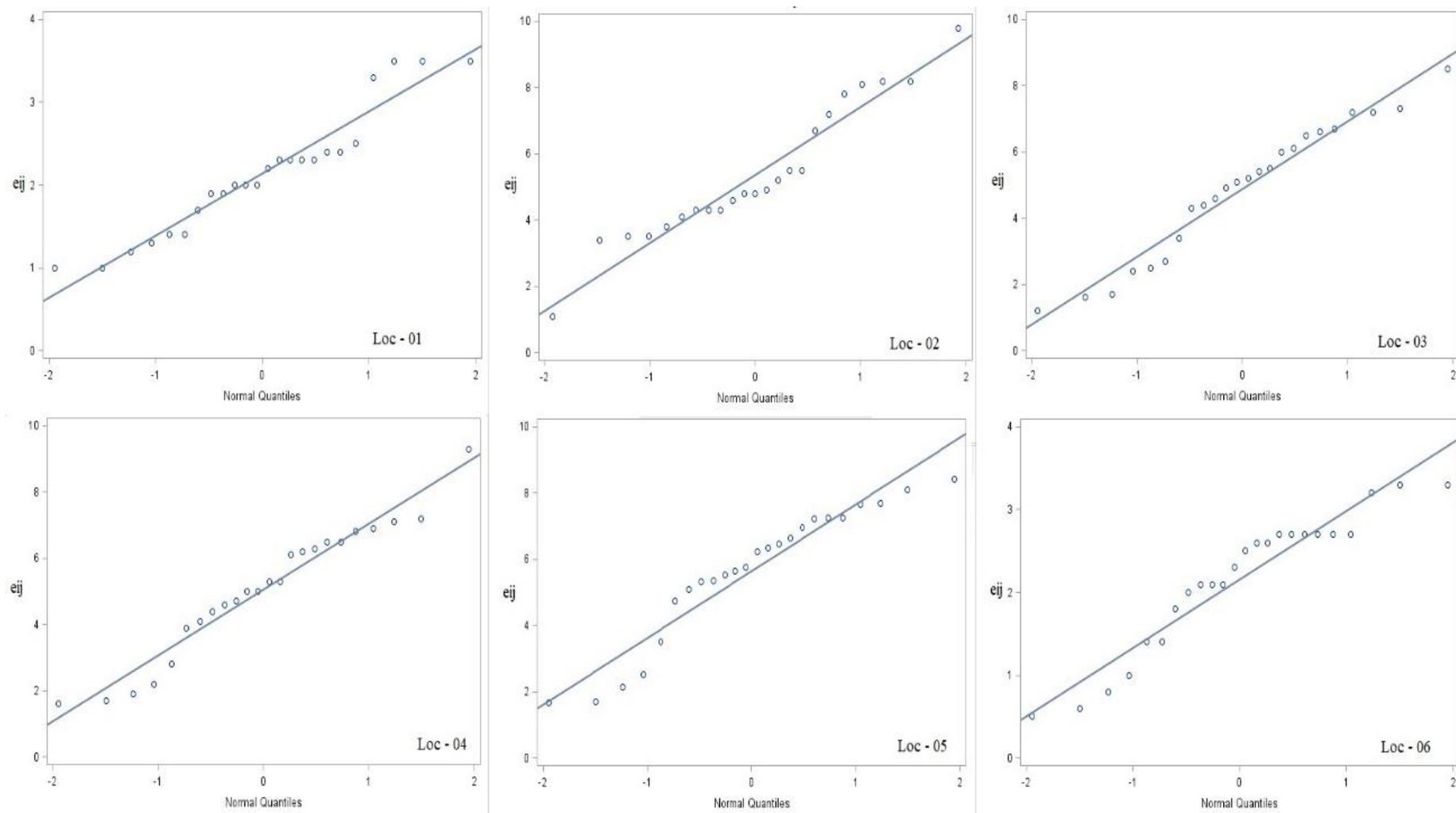
| Fuente de variación | Grados de libertad | Cuadrado medio | | | | | |
|-------------------------|--------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Localidad 1 | Localidad 2 | Localidad 3 | Localidad 4 | Localidad 5 | Localidad 6 |
| Bloques | 3 | 0,91ns | 6.41** | 4.46 | 3.88* | 0.48ns | 0.00ns |
| Variedades | 5 | 1,02* | 10.98** | 12.40** | 12.58** | 14.57** | 2.68** |
| Error | 15 | 0,33 | 1.29 | 1.37 | 1.08 | 1.25 | 0.14 |
| Total | 23 | | | | | | |
| CV | | 27.13% | 21.16% | 23.74% | 20.62% | 19.89% | 17.75% |
| Shapiro(prob.p) | | 0.06 | 0.20 | 0.37 | 0.33 | 0.03 | 0.31 |
| F _{MAX} | | 23.14 | 21.33 | 23.58 | 11.30 | 6.56 | 4.12 |
| Eficiencia relativa (%) | | 99.09 | 167.18 | 127.16 | 131.10 | 90.36 | 107.73 |

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

Los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas se cumplen, tal es el caso de normalidad donde $\text{prob.p} > 0.05$ es mayor que el nivel de significación del 5% y el supuesto de homogeneidad de varianzas, el F_{MAX} calculado para cada localidad es menor que el $F_{\text{MAX}, 0.05 (6,3)} = 62.00$ (tabla 8).

La figura 4, muestra la normalidad de los errores, supuesto que corrobora con la probabilidad de Shapiro-Wilks. En la figura 4, se aprecia que el punto se encuentra cerca de la línea, indicando que los supuestos de normalidad de los errores se cumplen para cada experimento.

Figura 4. Normalidad de los errores en las seis localidades.



La eficiencia del diseño bloques al azar se presenta en la tabla 8. En dicha tabla se observa que el diseño de bloques al azar mostró ser eficiente en las localidades: Localidad – 2 (Suchupampa), Localidad – 3 (Llollón), Localidad -4 (Poro porito) y Localidad -6 (Llanupacha), cuyos valores superaron el 100%. En la Localidad-1 (Montoya) y Localidad-5 (La Victoria), no mostraron ser eficientes, probablemente se deba a que las ubicaciones de los bloques no fueron adecuadamente dispuestas en el terreno (Vásquez, 2014).

Tabla 9. Prueba de comparación múltiple Duncan (alfa $\alpha=0.05$) para seis variedades de maíz morado en tha^{-1}

| N° Variedad | Promedio (t ha^{-1}) | | | | | | Promedio (t ha^{-1}) |
|------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| | Loc-1 (Montoya) | Loc-2 (Sunchupampa) | Loc-3 (Llollón) | Loc-4 (Poro porito) | Loc-5 (La Victoria) | Loc-6 (Llanupacha) | |
| 1 INIA 601 | 1.30 a | 2.98 a | 3.14 a | 3.36 a | 3.26 a | 1.31 a | 2.56 |
| 5 INIA 615 | 1.15 a b | 3.30 a | 1.78 a | 2.21 b | 2.32 b | 1.04 ab | 1.97 |
| 6 PM 581 | 1.01 a b | 3.02 a | 1.77 b | 2.04 b | 3.10 ab | 0.78 b | 1.96 |
| 4 UNC 47 | 0.86 b | 1.80 b | 2.79 a | 2.68 ab | 2.83 ab | 1.12 a | 2.02 |
| 2 Canteño | 0.75 b | 1.55 b | 1.06 b | 0.94 c | 0.91 c | 0.32 c | 0.92 |
| 3 M. M. Mejorado | 0.74 b | 1.83 b | 2.74 b | 2.54 b | 2.92 ab | 1.28 a | 2.01 |

Destaca la variedad INIA 601 en las seis localidades con rendimientos que oscilan entre 1.30 t ha^{-1} hasta 3.36 t ha^{-1} respectivamente. En segundo lugar, se encuentra la variedad UNC-47 cuyos rendimientos varía de 1.12 t ha^{-1} hasta 2.83 t ha^{-1} en las localidades 3, Localidad-4, Localidad-5 y Localidad-6 respectivamente, no mostrando diferencias significativas con la variedad INIA 601. Las variedades INIA 601, UNC-47 y Maíz Morado Mejorado destacan en promedio de rendimiento, porque ambas superan al rendimiento de 1.5 t ha^{-1} . (INIA – IEPARC, 2016), que caracteriza al cultivo convencional establecido por los agricultores.

La superioridad de la variedad INIA 601, se debe a que procede de una población de 256 progenies de medios hermanos (half sibs). La gran heterogeneidad de la variedad ha permitido su estabilidad en rendimiento en los diferentes ambientes (Vásquez, 1988, 2014).

Nuestros rendimientos no son concordantes con los reportados por IEPARC (2016) quien indica que los rendimientos son de 5.5 t ha⁻¹.

Estos resultados tabla 9 son inferiores a los encontrados por 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), quienes encontraron rendimientos de 4,96 t ha⁻¹ como el mayor rendimiento con el tratamiento T2 (120-180-120).

Este bajo rendimiento se puede deducir que hubo un trabajo de fertirriego el cual benefició en gran parte a este cultivo por su control entre riego y nutrición, a diferencia de este estudio que todas las localidades fueron por las precipitaciones.

4.1.1. Análisis de varianza a través de localidades

4.1.1.1. Prueba de homogeneidad de varianzas

Se usará la prueba de F_{Max} de Hartley para probar la hipótesis:

$$H_o : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \sigma_6^2 = \sigma_i^2$$

$$H_A : \text{Al menos una } s_i^2 \text{ sea diferente.}$$

De tabla 8 obtenemos la varianza mayor (1.3710) y la varianza menor (0.1467).

$$F_{MAX} = \frac{s_{Mayor}^2}{s_{Menor}^2} = \frac{1.3710}{0.1467} = 9.35$$

$$F_{MAX} = 9.35 < F_{MAX 0.05(6,3)} = 62.00 \text{ se acepta la } H_o: \text{ homogeneidad de varianzas.}$$

La prueba de F_{MAX} de Hartley resultó no significativa, por lo tanto, se pasó al análisis combinado de la varianza para todos los genotipos y ambientes

Siguiendo la metodología descrita por Vásquez (2014) se obtiene la tabla del análisis de varianza combinado.

Tabla 10. Análisis de varianza combinado para 6 variedades de maíz morado en seis localidades.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | F _{calculada} | F _{tabular} | | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|----------------------|------|--------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Localidades | 5 | 311.87 | 62.37** | 23.17 | 2.77 | 4.25 | <.0001 |
| Rep (Loc) | 18 | 48.52 | 2.69** | 2.91 | 1.70 | 2.11 | 0.0005 |
| Variedades | 5 | 166.53 | 33.30** | 8.04 | 2.60 | 3.86 | <.0001 |
| Loc x Variedades | 25 | 103.59 | 4.14** | 4.48 | 1.63 | 1.98 | <.0001 |
| Error | 89 | 82.31 | 0.92 | | | | |
| Total | 142 | 712.83 | | | | | |

$$R^2 = 0.8845 \quad CV = 22.90 \% \quad \bar{y}_{..} = 4.1981 \text{ kg}$$

En la tabla 10 se presenta el análisis de varianza combinado de ambientes para la variable rendimiento de grano ($t \text{ ha}^{-1}$), el cual muestra que hubo significancia estadística ($P \leq 0.01$) para ambientes, en interacción genotipo x ambiente (IGxA). La heterogeneidad entre ambientes estuvo relacionada principalmente con diferencias en altitud, tipo de suelo, temperatura y precipitación durante la campaña agrícola (tabla 2). Las diferencias entre genotipos ($P \leq 0.01$) evidenciaron la existencia de variabilidad genética en el rendimiento de grano seco, y la IGA significativa ($P \leq 0.01$) indicó que los genotipos difirieron en comportamiento a través de los ambientes en donde se realizó el experimento (Vásquez, 1988, 2014)

El coeficiente de variación es de 22.90 % lo cual es indicativo de buen control ambiental y de la precisión de la técnica experimental utilizada.

Para determinar la diferencia entre las variedades de maíz morado se realizó la prueba de Duncan (tabla 11). Se puede apreciar que estadísticamente existen diferencias significativas entre las 5 variedades, cuyos rendimientos oscilan entre $1\ 957.40 \text{ kg ha}^{-1}$ hasta $2\ 562.70 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente (tabla 11). Ocupando el último lugar la variedad Canteño cuyos rendimientos alcanzó 925 kg ha^{-1} .

Una de las razones de la interacción genotipo x ambiente que presentan los experimentos en condiciones ambientales diferentes, éstas pueden causar ordenamientos que difieren significativamente de un ensayo a otro Bazinger et al. (2012). Al respecto,

Carballo y Márquez (1970), Vásquez (1988), consideran que la IGA dificulta la estimación de los parámetros genéticos, reduce el progreso de la selección y limita seriamente la posibilidad de identificar los genotipos superiores.

Tabla 11. Prueba de comparación de medias para el rendimiento de seis variedades de maíz morado en seis ambientes (agricultores).

| N° | Variedad | Promedio (kg/parc) | Promedio (kg ha ⁻¹) |
|----|----------------|-----------------------|------------------------------------|
| 1 | INIA 601 | 5.63 | 2562.70 a |
| 4 | UNC – 47 | 4.44 | 2018.30 a |
| 3 | M. M. MEJORADO | 4.43 | 2018.00 a |
| 5 | INIA 615 | 4.34 | 1972.70 a |
| 6 | PM -581 | 4.30 | 1957.40 a |
| 2 | CANTEÑO | 2.03 | 925.00 b |

Todas las variedades evaluadas en el presente experimento han superado al rendimiento de la zona de Cajamarca, no se encontró diferencias significativas entre los primeros cinco genotipos (tabla 11). El más alto promedio obtuvo el genotipo INIA 601 con 2562.70 kg ha⁻¹; hay un rendimiento no significativo entre UNC-47 y Maíz Morado Mejorado ambos con un promedio de 2018.00 kg. ha⁻¹ seguido por INIA-615 y PM-581 con un promedio de 1972,70 kg ha⁻¹ y 1957.40 kg ha⁻¹ respectivamente. Todos los genotipos antes citados difieren significativamente con el genotipo Canteño que ocupa el último lugar con un rendimiento de 925 kg ha⁻¹.

donde se obtienen en el más alto promedio de INIA 601 con 2 562.70; en segundo lugar, hay un rendimiento no significativo entre UNC – 47 y Maiz Morado Mejorado ambos con un promedio de 2 018.00, seguido por INIA - 615 con un promedio de 1 972.70, PM – 581 con 1 957.40, y por último la variedad Canteño con un rendimiento de 925, todos estos datos expresados en (kg ha⁻¹).

La variedad INIA 601 destaca por su alto rendimiento 2 562.70 kg. ha⁻¹ ocupando el primer lugar, esto se debe a su gran variabilidad genética que presenta y que hace que sea de comportamiento estable para su rendimiento y supere estadísticamente el genotipo Canteño.

Tabla 12. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el rendimiento de seis variedades procedentes de seis localidades (altitudes) del distrito de Ichocán.

| N° | Localidad (agricultor) | Altitud (m.s.n.m.) | Promedio (kg/parc) | Promedio (t ha ⁻¹) |
|----|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 5 | La Victoria | 2927 | 5.63 | 2560 a |
| 2 | Sunchupampa | 2495 | 5.37 | 2440 a |
| 4 | Poroporito | 2870 | 5.05 | 2290 a |
| 3 | Llollón | 2770 | 4.87 | 2210 a |
| 6 | Llanupacha | 3140 | 2.15 | 980 b |
| 1 | Montoya | 2370 | 2.13 | 970 b |

La prueba de rango múltiple Duncan ($\alpha=0.05$) que se muestra en la **tabla 12**, nos indica que no hay diferencias estadísticas entre los promedios de rendimiento procedentes de las localidades (agricultores) La Victoria, Sunchupampa, Poroporito y Llollón cuyos rendimientos varían entre 2.21 t ha⁻¹, 2.29 t ha⁻¹, 2.44 t ha⁻¹ y 2.56 t ha⁻¹ respectivamente.

Las localidades antes citadas superan estadísticamente a los promedios obtenidos en Llanupacha y Montoya con 0.98 t.ha⁻¹ y 0.97 t ha⁻¹ respectivamente.

Estos resultados promedio de las 6 localidades en estudio para las 6 variedades de maíz morado superan a los rendimientos obtenidos por Narro (2015), En el cual nos presenta un resultado de 2.53 tha⁻¹ de INIA 601 el cual es menor al promedio presentado en este estudio que es de 2.56 tha⁻¹.

4.2. Análisis de contenido de antocianinas

4.2.1. Contenido de antocianinas en la coronta en seis variedades de maíz morado

Tabla 13. Porcentaje de antocianinas de seis variedades de maíz morado en coronta procedente de seis localidades.

| N° | Variedad | Localidad * | | | | | | Total | Promedio (%) |
|-------|----------------|-------------|------|-------|-------|-------|------|--------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1 | INIA 601 | 7.15 | 6.48 | 6.13 | 6.85 | 5.33 | 6.34 | 38.28 | 6.38 |
| 2 | Canteño | 3.69 | 4.52 | 5.2 | 3.75 | 4.9 | 5.75 | 27.63 | 4.61 |
| 3 | M. M. Mejorado | 6.26 | 6.25 | 5.89 | 6.81 | 5.11 | 6.27 | 36.59 | 6.1 |
| 4 | UNC - 47 | 6.59 | 5.6 | 6.86 | 5.59 | 6.54 | 6.79 | 37.97 | 6.33 |
| 5 | INIA 615 | 2.05 | 4.7 | 5.41 | 6.69 | 4.3 | 5.48 | 28.63 | 4.77 |
| 6 | PM - 581 | 4.07 | 4.13 | 5.16 | 4.54 | 3.94 | 5.7 | 27.54 | 4.59 |
| Total | | 29.81 | 31.7 | 34.65 | 34.23 | 30.12 | 36.3 | 196.82 | |

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

Los datos en (%) fueron convenientemente transformados a arco seno $\sqrt{y_{ij}}$ para el análisis de varianza y prueba de significancia de Duncan. en el presente estudio se utilizó un DCA (Diseño Completamente al Azar) con un nivel de significancia de 0,05. La variable que se midió fue la cantidad de antocianinas en porcentaje con seis repeticiones cada una. Para la prueba de comparación múltiple se utilizó el de Duncan (Vásquez, 2014, Montgomery & Runger, 2013).

La hipótesis planteada en los experimentos fue que todos los tratamientos tienen el mismo efecto sobre la concentración de antocianinas.

Tabla 14. Análisis de varianza el contenido de antocianinas en la coronta (tusa) de seis variedades de maíz morado (Datos transformados Arco-seno).

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F _{calculado} | F _{Tabular} | | Pr >F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|----------------------|------|-------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Variedades | 5 | 39.74 | 7.94 | 5.31** | 2.53 | 3.70 | 0.001 |
| Error | 30 | 44.94 | 1.50 | | | | |
| Total | 35 | 84.68 | | | | | |

**Significativo al 1% de probabilidad por la prueba F

$$R^2 = 0.4693$$

$$CV = 9.10\%$$

$$\bar{y}_{..} = 5.4672\%$$

El análisis de varianza mostró que la fuente de variación variedades fue significativo (Prob. < α) para el contenido de antocianinas en la coronta. Esto indica que hay diferencias entre los promedios de contenido de antocianinas, entre las seis variedades de maíz morado en las seis localidades.

El coeficiente de variación (9.10%) es bajo, lo que sugiere, de acuerdo con (Reyes, 1990), (Vásquez, 1990) que la conducción de los experimentos y los resultados obtenidos son confiables.

El valor de $R^2 = 0,46$ muestra una relación no significativa entre el factor “variedades” y contenido de antocianinas. Esto nos estaría indicando que hay factores de tipo ambiental que están influyendo en el contenido de antocianinas en la coronta.

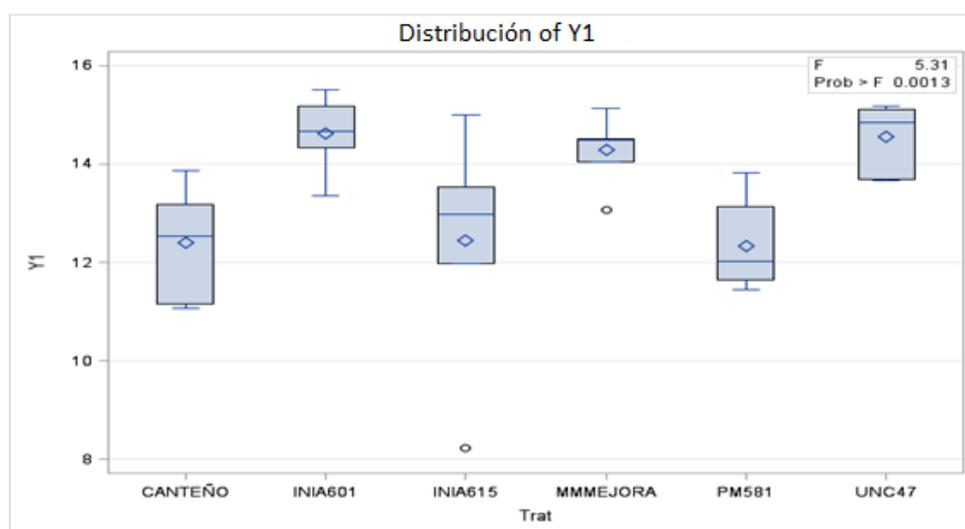


Figura 5. Gráfica de caja para el contenido de antocianinas en coronta de seis variedades de maíz morado.

La figura 5 corrobora las diferencias entre variedades para el contenido de antocianinas en coronta entre las variedades en estudio. No se ajusta que la distribución dentro de cada variedad es asintótica.

La prueba de homogeneidad de varianzas de Bartlett, muestra un $x_c^2 = 12.5284 < x_{0.05(30)}^2 = 43$, indicando que se acepta la hipótesis de la homogeneidad de varianzas (Vásquez, 1990)

Tabla 15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para antocianinas en coronta de seis variedades de maíz morado.

| N° | Variedad | Promedio (%) |
|----|----------------|--------------|
| 1 | INIA 601 | 6.38 a |
| 4 | UNC 47 | 6.33 a |
| 3 | M. M. Mejorado | 6.10 a |
| 5 | INIA 615 | 4.77 b |
| 2 | Canteño | 4.63 b |
| 6 | PM-581 | 4.59 b |

La **tabla 15** muestra la prueba de Duncan ($p < 0,05$) para el contenido de antocianinas en coronta de seis variedades de maíz morado. En dicha tabla se observa que no hay diferencias significativas entre las variedades INIA 601, UNC 47 y maíz morado mejorado, cuyos promedios de antocianinas en la coronta son de 6.800 %, 6.3283% y 6.098% respectivamente. Estas variedades superan estadísticamente a las variedades INIA 615, Canteño y PM-582, cuyo porcentaje están comprendidos entre 4.77 %, 4.63% y 4.59% respectivamente.

Estos rangos en el contenido de antocianinas en la coronta se deben a la variedad y la localidad en la que se ha cultivado maíz tal como lo sugiere Jing et al., (2006). Se ha observado que el lugar en donde crecen estos maíces interviene en la concentración y composición de las antocianinas presentes. Por esta razón se debe buscar nuevos genotipos, con altos contenidos de pigmentos de antocianinas, buscar y probar su estabilidad (Shipp y Abdel – Aal, 2010).

El maíz morado representa un cultivo de bajo costo con alto rendimiento de pigmento de antocianinas que podría ser fuente de antocianinas para el mercado de colorante alimentario, entre otros, así como mejores ingresos para el agricultor (Cevallos y Cisneros, 2003).

Es por esta razón por las cuales no solo se debe promover el cultivo de maíz morado, sino que se debe hacer un buen manejo a lo largo de su desarrollo para asegurar un máximo contenido de antocianinas (Shipp y Abdel-Aal, 2010). Nuevos genotipos, con alto contenido de pigmentos de antocianinas, se deben buscar y probar su estabilidad. El maíz morado representa un cultivo de bajo costo con alta rendimiento de pigmento que podría ser fuentes de antocianinas para el mercado colorante alimentario, así como buenos ingresos para el agricultor (Cevallos y Cisneros, 2003).

Los resultados que se presentan en la **tabla 15**, son superiores a los resultados por Begaza (2013), quien al estudiar con 5 variedades de maíz morado incluyendo al ecotipo Arequipeño dieron como promedio de porcentaje de antocianinas en coronta de 2.60. Observando que es mucho menor que el promedio de porcentaje de en este estudio.



Figura 6. Contenido de antocianinas (%) en coronta de seis variedades de maíz morado.

4.2.2. Contenido de antocianinas en las brácteas (panca) en seis variedades de maíz morado

Tabla 16. Contenido de antocianinas en brácteas (en %) de seis variedades de maíz morado provenientes de seis localidades.

| N° | Variedad | Localidad * | | | | | | Total | Promedio (%) |
|-------|----------------|-------------|-------|------|------|------|------|-------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1 | INIA – 601 | 3.87 | 2.98 | 2.87 | 2.66 | 2.92 | 2.33 | 17.63 | 2.94 |
| 2 | Canteño | 0.19 | 0.17 | 0.12 | 0.15 | 0.11 | 0.17 | 0.91 | 0.15 |
| 3 | M. M. Mejorado | 2 | 3.48 | 3.61 | 0.95 | 0.87 | 1.12 | 12.03 | 2.01 |
| 4 | UNC – 47 | 2.87 | 2.98 | 3.29 | 0.49 | 2.48 | 2.28 | 14.39 | 2.4 |
| 5 | INIA – 615 | 0.15 | 0.98 | 0.11 | 0.19 | 0.19 | 0.36 | 1.98 | 0.33 |
| 6 | PM – 581 | 0.2 | 0.13 | 0.2 | 0.13 | 0.11 | 0.27 | 1.04 | 0.17 |
| Total | | 9.28 | 10.72 | 10.2 | 4.57 | 6.68 | 6.53 | 47.98 | 8 |

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

Los datos se analizaron como un Diseño Completamente al Azar con un nivel de significancia de 0,05. La variable que se calculó fue la cantidad de antocianinas expresado en porcentaje con seis repeticiones cada una. Para la prueba de comparación múltiple se utilizó el de Duncan (Vásquez, 2014, Montgomery & Runger, 2013).

El contenido de antocianinas en bráctea 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.

La hipótesis planteada en los experimentos fue que todos los tratamientos a la muestra (solvente de extracción, medio de extracción, temperatura de extracción y tiempo de extracción) tienen el mismo efecto sobre la concentración de antocianinas.

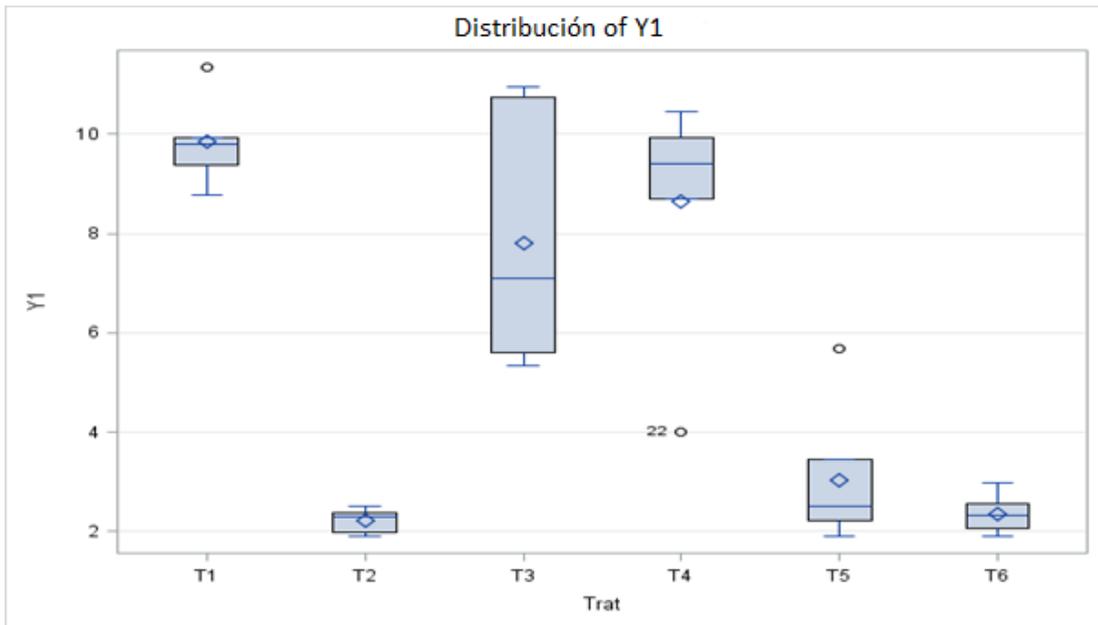


Figura 7. Diagrama de caja para contenido de antocianinas en brácteas de 6 variedades de maíz morado.

La figura 7 muestra que hay variabilidad entre el contenido de antocianinas en brácteas entre las seis variedades, y que dentro de cada variedad no hay una distribución normal.

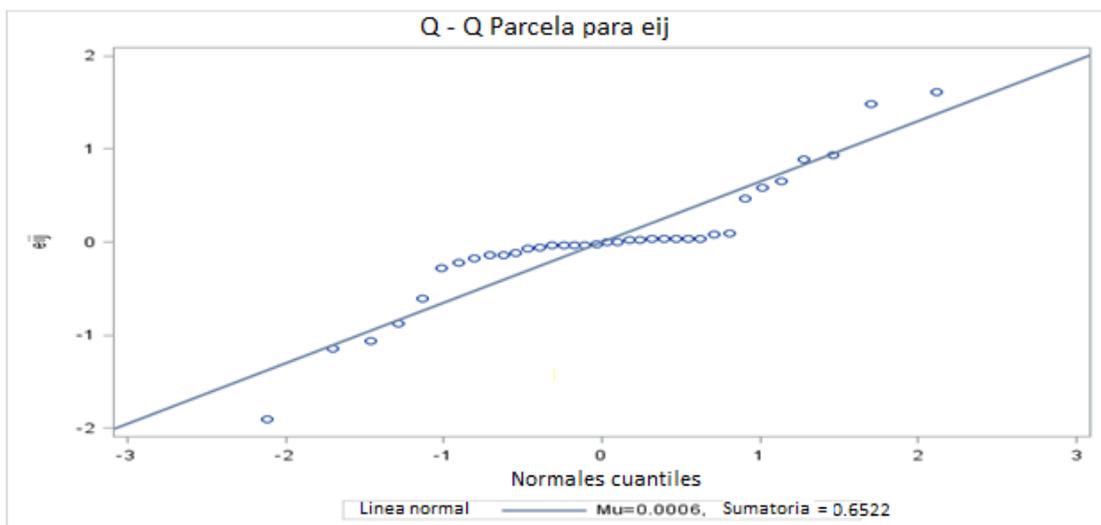


Figura 8. Gráfica de probabilidad normal de los residuales del contenido de antocianinas en brácteas en diseño completamente al azar.

La figura 8 nos muestra de que se cumple la normalidad de los errores.

La prueba de homogeneidad de varianzas de $F_{MAX} = 28.39$ es menor que la $F_{MAX} (0.99, 5,4) = 33.00$, lo cual indica que se acepta la hipótesis de variancias homogéneas.

Habiéndose cumplido los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza se procedió a realizar el análisis de varianza.

Tabla 17. Análisis de varianza el contenido de antocianinas en la coronta de seis variedades de maíz morado (Datos transformados Arcoseno).

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F _{calculado} | F _{Tabular} | | Pr >F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|----------------------|------|--------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| Variedades | 5 | 363.86 | 72.77 | 9.18** | 2.53 | 3.70 | <.0001 |
| Error | 30 | 74.81 | 2.49 | | | | |
| Total | 35 | 438.69 | | | | | |

**Significativo al 1% de probabilidad por la prueba F

$$R^2 = 0.8294$$

$$CV = 27.93\%$$

$$\bar{y}_{..} = 5.4672\%$$

De acuerdo a la **tabla 17**, el ANOVA para la fuente de variabilidad variedades, indican diferencias altamente significativas para $p < .0001$. Esto explica que hay diferencias reales entre las medias del contenido de antocianinas en brácteas entre las seis variedades en estudio.

El valor de $R^2 = 0.8294$ indica una relación altamente significativa entre el contenido de antocianinas en brácteas y las variedades evaluadas.

Tabla 18. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado.

| Nº | Variedad | Promedio (%) |
|----|----------------------|--------------|
| 1 | INIA 601 | 2.93 a |
| 4 | UNC 47 | 2.39 ab |
| 3 | Maíz morado mejorado | 2.00 b |
| 5 | INIA 615 | 0.33 c |
| 6 | PM-581 | 0.17 c |
| 2 | Canteño | 0.15 c |

De acuerdo al análisis de significancia de Duncan con $p < 0,05$ se observa valores para las antocianinas extraídas de las brácteas de maíz morado entre 2.3839 % para la variedad INIA 601 a 2.3983 % para la variedad UNC 47 respectivamente, y no hay diferencias

estadísticas entre el contenido de antocianinas para estas dos variedades. No se ha encontrados diferencias estadísticas entre los promedios de la variedad UNC 47 con 2.3983% y la variedad maíz morado mejorado con 2.0050 % (**tabla 18**).

En la misma tabla se aprecia que no hay diferencias estadísticas entre los promedios de antocianinas de las variedades INIA 615 con 0.3300%, PM-581 con 0.1517% y la variedad Canteño con 0.1517% respectivamente. Observamos que ha destacado para esta característica la variedad INIA 601 ocupando el primer lugar con 2.9383% respecto a las variedades restantes en cuanto a contenido de antocianinas en las brácteas. La **figura 8** corrobora lo antes citado para esta variable en estudio.

En un estudio realizado por Silva (2005) en el estudio denominado, “Contenido de antocianinas en la variedad canteño para uso de exportación”, dio como resultados un porcentaje de antocianinas en bráctea (panca) de 0.13% el cual es inferior al obtenido en este estudio que fue de 0.15%, Silva (2005) dio como conclusión que esta variedad no es recomendable en la extracción de antocianinas en bráctea para exportación.

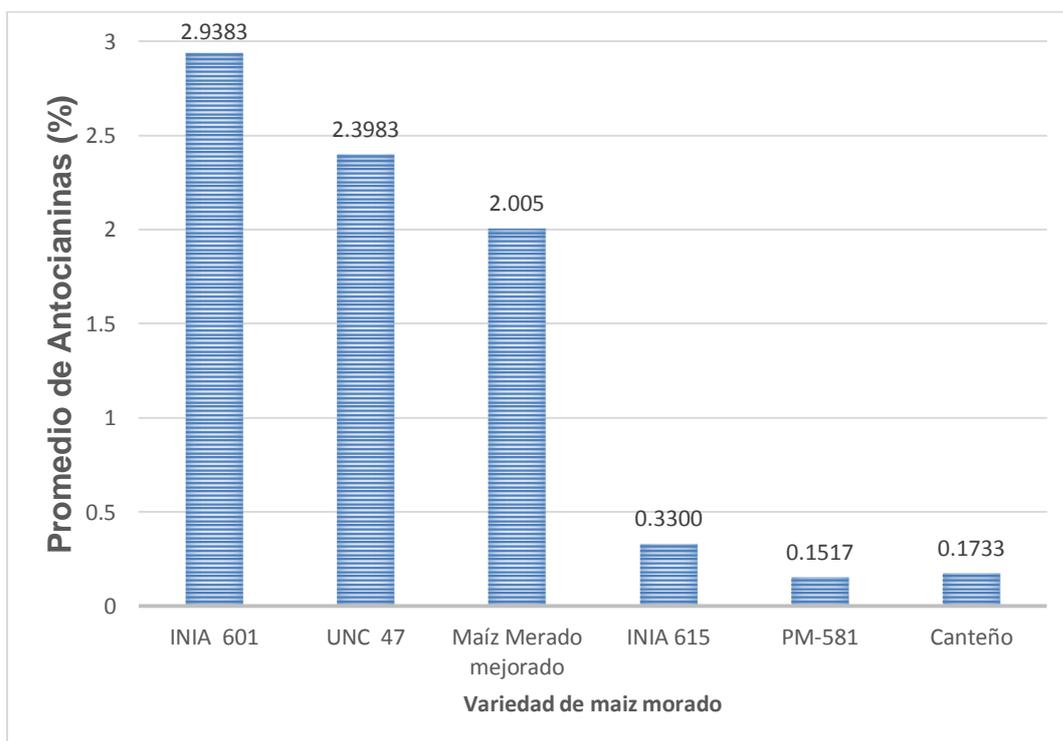


Figura 9. Contenido de antocianinas (%) en brácteas de seis variedades de maíz morado.

4.3. Promedios de antocianinas provenientes de la coronta y brácteas de seis variedades de maíz morado.

Tabla 19. Promedios de contenido de antocianinas en coronta y brácteas.

| N° | Variedad | Proveniente de coronta (%) | Proveniente de Bráctea (%) |
|----|---------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | INIA 601 | 6.38 | 2.93 |
| 4 | UNC 47 | 6.32 | 2.39 |
| 3 | M.M. MEJORADO | 6.09 | 2.00 |
| 5 | INIA 615 | 4.77 | 0.33 |
| 2 | CANTEÑO | 4.63 | 0.15 |
| 6 | PM-581 | 4.59 | 0.17 |

En la **tabla 19** se puede observar que el contenido promedio de antocianinas en la coronta (tusa) es mayor que el contenido de antocianinas obtenido a partir de las brácteas (pancas).

Se aprecia que la variedad INIA 601 y UNC 47 destacan en el contenido de antocianinas tanto en coronta como en brácteas.

Prueba de t de Student para probar la hipótesis de las dos medias.

H₀: $\mu_C = \mu_B$

H_A: $\mu_C \neq \mu_B$

$$\text{Estadístico de prueba: } t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_p \sqrt{\frac{1}{6} + \frac{1}{6}}} = 6.58 > t_{0.025(10)} = 2.228$$

Se rechaza el H₀. $\mu_C = \mu_B$ y se acepta la H_A: $\mu_C \neq \mu_B$, de que hay diferencias entre las medias muestrales. Esto es que el promedio de antocianinas de coronta (5.4672%) supera al contenido de antocianinas en brácteas (1.3328%)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- 1 Las variedades de maíz morado en estudio rindieron entre el más alto INIA- 601 con 2562.70 y el más bajo Canteño con 925 kg ha⁻¹. Destacando la variedad INIA-601 y UNC-47 con un rendimiento de grano seco de 2562.70 y 2018.30 kg ha⁻¹.
- 2 En el contenido de antocianinas tanto a nivel de coronta y brácteas ocupó el primer lugar la variedad INIA 601, con 6.39 % en coronta y 2.94 % en brácteas.
- 3 Según los resultados el mejor piso altitudinal para rendimiento de grano seco es la localidad de La Victoria con 2.56 t ha⁻¹ y Sunchupampa con 2.44 t ha⁻¹.

Recomendaciones

- 1 Se recomienda sembrar las mismas variedades en otros pisos altitudinales para evaluar su estabilidad en cuanto a rendimiento de grano seco y contenido de antocianinas a nivel de coronta y brácteas.
- 2 En cuanto al método para la extracción de antocianina se recomienda optar por el método de pH diferencial ya que es el más reconocido y nos brinda una mayor garantía.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bazinger, M., G. O Edmeades, D. Beck y M. Bellon. 2012. Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y deficiencia de nitrógeno en el maíz: De la teoría a la práctica. México. D. F.; CIMMYT. 61p
- Begaza T. 2013. “Marco de siembra en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) “Ecotipo Arequipeño” en la irrigación Majes 2012-2013 tesis para optar el título de ingeniero agronomo. 70p
- Cabrera CR. 2016. “Tres láminas de riego en el rendimiento de cuatro variedades de maíz morado (*Zea mays* L.), bajo riego por goteo”. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina PE. 120 p.
- Cajas Ardiles, J. y Albuja, V. 2016. SIEA boletín estadístico de producción Agrícola, Pecuaria y Avícola. 2nd ed. [ebook] lima, p.1. Available at: http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/produccion-agricola-pecuaria-avicola-dic16_2_0.pdf [Accessed 7 Dec. 2017].
- Carballo, C.A., y Marquez, S.P. 1970. Comparacion de variedades de maíz de El Bajío y La Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agro-Ciencias* 5 (1): 129-146.
- Catalán, W. 2012. Guía técnica "Manejo integrado en el cultivo de maíz amiláceo" Cusco, Perú. OAEPS-UNALM y Agrobanco.30 p.
- Cevallos, B. y Cisneros, L. 2003. "Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants". *Food Chemistry*. Vol. 86. pp. 69- 77.
- Cevallos-Casal, B.A y Cisneros-Zevallos, L. (2003). Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. Department of Horticultural Sciences. Elsevier.
- 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.

- Ding M, Feng R, Wang SY, Bowman L, Lu y, Qian Y, Castranova V, Jiang Bh, Shi X. 2006. Cianidina-3- glucosido, un product natural derivado de la zarzamora, exhibe quimiopreventivo y la actividad quimioterapéutica. *J Biol Chem* 281: 17359 – 68.
- Dueñas, M.; González-Manzano, S.; Surco-Laos, F.; González-Paramas, A.; Santos-Buelga, C. 2012. Characterization of sulphated quercetin and epicatechin metabolites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 3592–3598.
- FAO 2013. Alta cocina tradicional andina, 1° ed. Organización para la agricultura y la alimentación de las naciones unidas. Disponible a partir de: <http://www.fao.org/docrep/018/i1466e/i1466e.pdf>. Consultado 2017 14 de mayo. Citado por Fei Lao, Gregory T. Sigurdson, M Monica Giusti.
- Fei, L. (2016) beneficios para la salud de maiz morado (*Zea mays L.*) compuestos fenólicos. *comprehensive reviews in food science and food safety*, 00, 2017, 1-15. Citado por Fei Lao, Gregory T. Sigurdson, M Monica Giusti.
- Felgines, C.; Talavera, S.; Gonthier, M.; Texier, O.; Scalbert, A.; Lamaison, J. et al. 2003. Strawberry anthocyanins are recovered in urine as glucuro and sulphoconjugates in humans. *The Journal of Nutrition* 133: 1296–1301.
- Fennema, O. R. 2000. Química de los alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza -España.
- Fernandez, N. A. 1995. Estudio de la extracción y pre - purificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays L.*). Tesis Ing. En Industrias Alimentarias. UNALM. Lima- Perú. 116 pp
- Fernández, I.; De Freitas, V.; Reis, C.; Mateus, N. 2013. Antioxidant and antiproliferative properties of methylated metabolites of anthocyanins. *Food Chemistry* 141: 2923-2933.
- Fernández, I.; Azevedo, J.; Faria, A.; Calhau, C.; de Freitas, V.; Mateus, N. 2009. Enzymatic hemisynthesis of metabolites and conjugates of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 735–745.
- Forex, 1983. (Fondo de Promoción de Exportadores). “Extracción de colorante a partir del Maíz Morado”. Lima, Perú. 19 pág.

- Fukamachi, K.; Imada, T.; Ohshima, Y.; Xu J.; Tsuda, H. 2008. Purple corn color suppresses Rasprotein level and inhibits 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-induced mammarycarcinogenesis in the rat. *Cancer Sci.* 99: 1841–1846
- Gruneber, P.H. 1966. “Nutrición y Fertilización del Maíz”. Boletín N° 9, Alemania. 46 pág.
- IEPARC (Proyecto: “Incremento de los Ingresos Económicos de los Pequeños Productores Agrarios en la Región Cajamarca – IEPARC”2016 Valor Comercial de Matiz Morado, 5 pág.
- 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.
- IEPARC (Proyecto: “Incremento de los Ingresos Económicos de los Pequeños Productores Agrarios en la Región Cajamarca). 2016. Guía de la producción de Maíz Morado. Cajamarca, Perú. Editorial Martínez Compañón. 31 p.
- Kang MK, Li J, Kim JL, Gong JH, Kwak SN, Parque JHY, Lee JYI Lim SS, Kang YH. 2012. Antocianinas maíz morado inhiben la activación de monocitos glomerular asociada a la diabetes y la infiltración de macrófagos. *AJP Ren Physiol* 303: F1060 – 9. Citado por Fei Lao, Gregory T. Sigurdson, M Mónica Giusti.
- Konczak L. Zhang W. 2004. Las antocianinas – más de colores de la naturaleza. *J Biomed biotechnology*, 2004: 239 – 40. Citado por Fei Lao, Gregory T. Sigurdson, M Monica Giusti.
- Llanos, C.M 1984. “El Maíz su Cultivo y Aprovechamiento”. Edit. Mundi – Prensa. Castello, 318 pág.
- Manrique, A. 1997 Importancia del cultivo de Maíz en el Perú. 2da edición, CONCYTEC. 10 pág.
- _____. 1997. El maíz en el Perú. Consejo nacional de ciencia y tecnología (CONCYTEC). Lima, Perú. 362 p.
- Narro T. “Mejoramiento integral de la producción de maíz morado en la zona alto andina”. Instituto Nacional de Innovación Agraria.

- Otiniano, V. 2012. Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (*Zea mays* L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Cesar Vallejo. 74 p.
- Paucar L. www.uns.edu.pe. 2011. Consultado: 28 de septiembre del 2017. Disponible en: <https://www.uns.edu.pe/recursos/investigaciones/62.pdf>
- Pedreschi R, Cisneros-Cevallos L. 2006. Propiedades antioxidantes y anti-mutagenicas de fracción fenólicas de maíz morado (*Zea mays* L.) J Agric Food Chem 54: 4557 mil – 67. Citado por Fei Lao, Gregory T. Sigurdson, M Mónica Giusti.
- Pinedo RE. 2015. “Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mayz* L.), en la localidad de Canaán - Ayacucho". Tesis Mag. Sc. Universidad Nacional Agraria La molina, PE. 89 p.
- Quispe R. 2010. Análisis de la cadena productiva del maíz morado en el valle de majes-Arequipa. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú
- Requis, F. 2012. Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú. INIA. Boletín N° 1-12. 23 p.
- Requis, V.F 2012. “INIA” (Manejo Agronómico de Maíz Morado en Valles Interandinos del Perú”.
- Reyes C., P. 1990. El Maíz y su cultivo. Primera Edición. AGT Editor S.A México 460 Pág.
- Reyes, C. 1990. Diseños de experimentos aplicados. Ed. Trillas 3ra.Ed. México. 348 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.
- Sevilla, R. y Valdez, A. 1985. Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado. Fondo de Promoción y Exportación (FOPEX). Lima, Perú. 46 p.

- Shipp, J., & Abdel-Aal, E. M. (2010). Food Applications and Physiological Effects of Anthocyanins as Functional Food Ingredients. *The Open Food Science Journal*, 4(1), 7-22.
- 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.
- Strack D, V Wray (1989) Anthocyanins glycosides: In; *Methods in Plant Biochemistry* Vol. I. Plant Phenolics. J B Harborne (ed). Academic Press. London, UK. pp: 197-234. Strack D, V Wray (1994) The anthocyanins In: *The*
- Silva F. (2005)“Contenido de antocianina de la variedad canteño para uso de exportación”. Edit. poso. Castello, 18 pág.
- Takhtajan, A (1980). Outline of classification of flowering plants (Magnoliophyta). *The Botanical Review*. New York, Estados Unidos. 46: 225 – 226, 316 – 318.
- Talavera, S.; Felgines, C.; Texier, O.; Besson, C.; Manach, C.; Lamaison, J. et al. 2004. Anthocyanins are efficiently absorbed from the small intestine in rats. *The Journal of Nutrition* 134: 2275–2279.
- Un Hagiwara, Miyashita K, Nakanishi T, Sano M, Tamano S, Kadota T, Koda T, Nakamura M, Imaida K, Ito N, Shirai T. 2001. La inhibición pronunciada por un antocianina naturales, color maíz morado, de 2-amino-1-metil-6-fenilimidazo (4,5-b) piridina (PhLP) – asociado carcinogénesis colorrectal en ratas F344 macho tratadas previamente con 1,2-dimetilhidrazina. *Cancer Lett* 171: 17-25.
- Vásquez, AV 2014. Diseños experimentales con SAS. Edita CONCYTEC FONDECYT. Lima, Perú.
- Vásquez, AV 2018. Mejoramiento genético de la papa. 1° edic. Lima, Perú.
- Vásquez, AV 2014. Diseños estadísticos con SAS. Edita CONCYTEC FONDECYT. Lima, Perú.
- Wang LS, Stoner GD. 2008. Las antocianinas y su papel en la prevención del cáncer. *Cáncer Lett* 269: 281 – 90.

Westfall A. 2015. La evaluación de la eficacia de las antocianinas como principios biológicamente activos en las formulaciones de barra de labios. (Tesis Master of Science). Columbus, OH: The Ohio State University. 118p. Disponible a partir de http://rave.ohiolinkl.edu/etdc/view?acc_num=osu1429170218.

ANEXOS

Anexo 1. Rendimiento y sus componentes de 6 variedades de maíz morado, en 7 localidades del distrito de Ichocán.

Tabla 1. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) total de 6 variedades de maíz morado; parcela Sr. Juan Ruiz.

| N° | Variedad | REPETICIONES | | | | Total | Promedio |
|----------|-----------------|--------------|------|------|------|-------|----------|
| | | I | II | III | IV | | |
| 1 | INIA – 601 | 2.3 | 3.5 | 2.4 | 3.3 | 11.5 | 2.9 |
| 2 | CANTEÑO | 1 | 1.9 | 1.4 | 2.3 | 6.6 | 1.7 |
| 3 | MORADO MEJORADO | 1.9 | 2.2 | 1 | 1.4 | 6.5 | 1.6 |
| 4 | UNC 47 | 1.3 | 2.3 | 2.3 | 1.7 | 7.6 | 1.9 |
| 5 | INIA – 615 | 1.2 | 3.5 | 3.5 | 2 | 10.2 | 2.6 |
| 6 | PM 581 | 2 | 2 | 2.5 | 2.4 | 8.9 | 2.2 |
| Total | | 9.7 | 15.4 | 13.1 | 13.1 | | |
| Promedio | | 1.6 | 2.6 | 2.2 | 2.2 | | |

Tabla 2. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) total de 6 variedades de maíz morado; parcela Sr. Marcos Burgos

| N° orden | Variedad | Repeticiones | | | | Total | Promedio |
|----------|-----------------|--------------|------|------|------|-------|----------|
| | | I | II | III | IV | | |
| 1 | INIA – 601 | 6.7 | 9.8 | 4.9 | 4.8 | 26.2 | 6.6 |
| 2 | CANTEÑO | 3.5 | 4.3 | 4.8 | 1.1 | 13.7 | 3.4 |
| 3 | MORADO MEJORADO | 4.3 | 4.3 | 0 | 3.5 | 12.1 | 3.0 |
| 4 | UNC 47 | 3.4 | 4.6 | 4.1 | 3.8 | 15.9 | 4.0 |
| 5 | INIA – 615 | 5.5 | 8.2 | 8.2 | 7.2 | 29.1 | 7.3 |
| 6 | PM 581 | 5.5 | 8.1 | 7.8 | 5.2 | 26.6 | 6.7 |
| Total | | 28.9 | 39.3 | 29.8 | 25.6 | | |
| Promedio | | 4.8 | 6.6 | 5.0 | 4.3 | | |

Tabla 3. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) total de 6 variedades de maíz morado; parcela Sr. Marcos Burgos.

| N° orden | Variedad | Repeticiones | | | | Total | Promedio |
|----------|-----------------|--------------|------|-----|------|-------|----------|
| | | I | II | III | IV | | |
| 1 | INIA – 601 | 6.5 | 7.3 | 7.2 | 6.7 | 27.7 | 6.9 |
| 2 | CANTEÑO | 2.4 | 2.7 | 1.7 | 2.5 | 9.3 | 2.3 |
| 3 | MORADO MEJORADO | 5.2 | 7.2 | 6.6 | 5.1 | 24.1 | 6.0 |
| 4 | UNC 47 | 5.2 | 8.5 | 6 | 4.6 | 24.3 | 6.1 |
| 5 | INIA – 615 | 1.6 | 4.4 | 5.4 | 4.3 | 15.7 | 3.9 |
| 6 | PM 581 | 1.2 | 3.4 | 6.1 | 4.9 | 15.6 | 3.9 |
| Total | | 22.1 | 33.5 | 33 | 28.1 | | |
| Promedio | | 3.7 | 5.6 | 5.5 | 4.7 | | |

Tabla 4. Rendimiento (t ha⁻¹) total de 6 variedades de maíz morado; parcela Sra. Elsa Muñoz.

| N° orden | Variedad | Repeticiones | | | | Total | Promedio |
|----------|--------------------|--------------|------|------|------|-------|----------|
| | | I | II | III | IV | | |
| 1 | INIA – 601 | 6.2 | 9.3 | 6.9 | 7.2 | 29.6 | 7.4 |
| 2 | CANTEÑO | 1.6 | 2.2 | 1.7 | 2.8 | 8.3 | 2.1 |
| 3 | MORADO MEJORADO | 5 | 5.3 | 5.3 | 6.8 | 22.4 | 5.6 |
| 4 | UNC 47 | 3.9 | 6.5 | 7.1 | 6.1 | 23.6 | 5.9 |
| 5 | INIA – 615 | 4.7 | 6.3 | 4.1 | 4.4 | 19.5 | 4.9 |
| 6 | PM 581 | 1.9 | 4.6 | 6.5 | 5 | 18 | 4.5 |
| Total | | 23.3 | 34.2 | 31.6 | 32.3 | | |
| Promedio | | 3.9 | 5.7 | 5.3 | 5.4 | | |

Tabla 5. Rendimiento (t ha⁻¹) total de 6 variedades de maíz morado; parcela Sr. Mario Abanto.

| N° orden | Variedad | Repeticiones | | | | Total | Promedio |
|----------|--------------------|--------------|-------|-------|------|-------|----------|
| | | I | II | III | IV | | |
| 1 | INIA – 601 | 5.36 | 8.43 | 7.22 | 7.7 | 28.71 | 7.2 |
| 2 | CANTEÑO | 1.71 | 1.68 | 2.51 | 2.14 | 8.04 | 2.0 |
| 3 | MORADO MEJORADO | 6.47 | 6.96 | 6.63 | 5.65 | 25.71 | 6.4 |
| 4 | UNC 47 | 7.66 | 6.24 | 5.31 | 5.76 | 24.97 | 6.2 |
| 5 | INIA – 615 | 5.52 | 3.51 | 5.08 | 6.35 | 20.46 | 5.1 |
| 6 | PM 581 | 7.26 | 4.73 | 7.26 | 8.1 | 27.35 | 6.8 |
| Total | | 33.98 | 31.55 | 34.01 | 35.7 | | |
| Promedio | | 5.7 | 5.3 | 5.7 | 6.0 | | |

Tabla 6. Rendimiento (t ha⁻¹) total de 6 variedades de maíz morado; parcela Sr. Eladio Urbina.

| N° orden | Variedad | Repeticiones | | | | Total | Promedio |
|----------|--------------------|--------------|------|------|------|-------|----------|
| | | I | II | III | IV | | |
| 1 | INIA – 601 | 3.3 | 3.2 | 2.5 | 2.6 | 11.6 | 2.9 |
| 2 | CANTEÑO | 0.5 | 1 | 0.6 | 0.8 | 2.9 | 0.7 |
| 3 | MORADO MEJORADO | 2.7 | 2.7 | 2.6 | 3.3 | 11.3 | 2.8 |
| 4 | UNC 47 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 1.8 | 9.9 | 2.5 |
| 5 | INIA – 615 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 2.7 | 9.2 | 2.3 |
| 6 | PM 581 | 1.4 | 1.4 | 2.1 | 2 | 6.9 | 1.7 |
| Total | | 12.7 | 13.1 | 12.8 | 13.2 | | |
| Promedio | | 2.1 | 2.2 | 2.1 | 2.2 | | |

Anexo 2. Resultados de Análisis de Suelo de Laboratorio

Figura 10: Resultado de Análisis de suelo de la localidad de Montoya realizados en INIA Estación Experimental Baños del Inca.



LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : **PNIA MAIZ – JUAN RUIZ SANCHEZ**

PROCEDENCIA : San Marcos – Ichocán – Montoya

Fecha: **13/07/2016**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

| Nombre Parcela | Código Laboratorio | P Ppm | K Ppm | pH | M.O % | Al meq/100g | Arena % | Limo % | Arcilla % | Clase Textural |
|----------------|--------------------|-------|-------|-----|-------|-------------|---------|--------|-----------|----------------|
| La Huerta | SU0432-EEBI-16 | 3.34 | 345.0 | 7.3 | 2.32 | -- | -- | -- | -- | -- |

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : MUY BAJO
 Potasio (K) : MEDIO
 pH (reacción) : **LIGERAMENTE ALCALINO**
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO
 Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a Sembrar: MAIZ MORADO

| NUTRIENTES | N Kg/ha | P ₂ O ₅ Kg/ha | K ₂ O Kg/ha | CAL Ton /ha | N Kg/ha | P ₂ O ₅ Kg/ha | K ₂ O Kg/ha | CAL Ton /ha | N Kg/ha | P ₂ O ₅ Kg/ha | K ₂ O Kg/ha | CAL Ton /ha |
|------------|---------|-------------------------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------------------------|------------------------|-------------|
| Cantidad | 110 | 65 | 40 | -- | | | | | | | | |

Recomendaciones y Observaciones Especiales:



www.inia.gob.pe

Jr. Wiracocha s/n, Baños del Inca
 Cajamarca. Cajamarca. Perú
 T: (076) 348-386
 E: binca@inia.gob.pe

Figura 11: Resultado de Análisis de suelo de la localidad de Sunchupampa (La Chilca) realizados en INIA Estación Experimental Baños del Inca.

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : **PNIA MAIZ – MARCOS AMADOR BURGOS URBINA**

PROCEDENCIA : San Marcos – Ichocán – La Chilca Fecha: **13/07/2016**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

| Nombre Parcela | Código Laboratorio | P Ppm | K Ppm | pH | M.O % | Al meq/100g | Arena % | Limo % | Arcilla % | Clase Textural |
|----------------|--------------------|-------|-------|-----|-------|-------------|---------|--------|-----------|----------------|
| Doña Anita | SU0430-EEBI-16 | 1.42 | 345.0 | 7.3 | 2.35 | -- | -- | -- | -- | -- |

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : MUY BAJO
 Potasio (K) : MEDIO
 pH (reacción) : **LIGERAMENTE ALCALINO**
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO
 Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a Sembrar: MAIZ MORADO

| NUTRIENTES | N Kg/ha | P ₂ O ₅ Kg/ha | K ₂ O Kg/ha | CAL Ton /ha | N Kg/ha | P ₂ O ₅ Kg/ha | K ₂ O Kg/ha | CAL Ton /ha | N Kg/ha | P ₂ O ₅ Kg/ha | K ₂ O Kg/ha | CAL Ton /ha |
|------------|---------|-------------------------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------------------------|------------------------|-------------|
| Cantidad | 110 | 65 | 40 | -- | | | | | | | | |

Recomendaciones y Observaciones Especiales:




Inga Tufo A. Velásquez Camacho
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Figura 12: Resultado de Análisis de suelo de la localidad de Llollón realizados en INIA Estación Experimental Baños del Inca.

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : **PNIA MAIZ – JAIME RAFAEL SANCHEZ VASQUEZ**

PROCEDENCIA : San Marcos – Ichocán – Llollón Fecha: **13/07/2016**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

| Nombre Parcela | Código Laboratorio | P Ppm | K Ppm | pH | M.O % | Al meq/100g | Arena % | Limo % | Arcilla % | Clase Textural |
|----------------|--------------------|-------|-------|-----|-------|-------------|---------|--------|-----------|----------------|
| Casa Vieja | SU0433-EEBI-16 | 25.38 | 340.0 | 7.2 | 4.09 | -- | -- | -- | -- | -- |

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : ALTO
 Potasio (K) : MEDIO
 pH (reacción) : **NEUTRO**
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO
 Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a Sembrar: MAIZ MORADO

| NUTRIENTES | N Kg/ha | P ₂ O ₅ Kg/ha | K ₂ O Kg/ha | CAL Ton /ha | N Kg/ha | P ₂ O ₅ Kg/ha | K ₂ O Kg/ha | CAL Ton /ha | N Kg/ha | P ₂ O ₅ Kg/ha | K ₂ O Kg/ha | CAI Ton / |
|------------|---------|-------------------------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------------------------|------------------------|-----------|
| Cantidad | 95 | 40 | 40 | -- | | | | | | | | |

Recomendaciones y Observaciones Especiales:




Inga Dulio A. Velásquez Camacho
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Figura 13: Resultado de Análisis de suelo de la localidad de Poroporito realizados en INIA Estación Experimental Baños del Inca.

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : **PNIA MAIZ – MARIA ELSA MUÑOZ RUIZ**

PROCEDENCIA : San Marcos – Ichocán – Poroporito Fecha: **13/07/2016**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

| Nombre Parcela | Código Laboratorio | P Ppm | K Ppm | pH | M.O % | Al meq/100g | Arena % | Limo % | Arcilla % | Clase Textural |
|----------------|--------------------|-------|-------|-----|-------|-------------|---------|--------|-----------|----------------|
| Casa Vieja | SU0436-EEBI-16 | 29.33 | 350.0 | 7.4 | 2.46 | -- | -- | -- | -- | -- |

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : ALTO
 Potasio (K) : MEDIO
 pH (reacción) : **LIGERAMENTE ALCALINO**
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO
 Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a Sembrar: MAIZ MORADO

| NUTRIENTES | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CAL | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CAL | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CAL |
|------------|-------|-------------------------------|------------------|---------|-------|-------------------------------|------------------|---------|-------|-------------------------------|------------------|---------|
| | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Ton /ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Ton /ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Ton /ha |
| Cantidad | 110 | 40 | 40 | -- | | | | | | | | |

Recomendaciones y Observaciones Especiales:




 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
 Estación Experimental Baños del Inca
 Ing. Julio A. Velásquez Camacho
 LABORATORIO DE SUELOS

Figura 14: Resultado de Análisis de suelo de la localidad de La Victoria realizados en INIA Estación Experimental Baños del Inca.


PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego Instituto Nacional de Innovación Agraria Estación Experimental Agraria Baños del Inca
 "Año de la Consolidación del Mar de Grau"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : **PNIA MAIZ – SANTOS MARIO ABANTO CASTAÑEDA**

PROCEDENCIA : San Marcos – Ichocán – La Victoria Fecha: **13/07/2016**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

| Nombre Parcela | Código Laboratorio | P Ppm | K Ppm | pH | M.O % | Al meq/100g | Arena % | Limo % | Arcilla % | Clase Textural |
|----------------|--------------------|-------|-------|-----|-------|-------------|---------|--------|-----------|----------------|
| Don Sergio | SU0435-EEBI-16 | 11.93 | 345.0 | 7.3 | 3.16 | -- | -- | -- | -- | -- |

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : MEDIO
 Potasio (K) : MEDIO
 pH (reacción) : **LIGERAMENTE ALCALINO**
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO
 Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a Sembrar: MAIZ MORADO

| NUTRIENTES | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CAL | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CAL | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CAL |
|------------|-------|-------------------------------|------------------|---------|-------|-------------------------------|------------------|---------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Ton /ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Ton /ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Ton / |
| Cantidad | 100 | 55 | 40 | -- | | | | | | | | |

Recomendaciones y Observaciones Especiales:



Ing. Julio A. Velásquez Camacho
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS

www.inia.gob.pe

Jr. Wiracocha s/n, Baños del Inca
 Cajamarca. Cajamarca. Perú
 T: (076) 348-386
 E: binca@inia.gob.pe

Figura 15: Resultado de Análisis de suelo de la localidad de Llanupacha realizados en INIA Estación Experimental Baños del Inca.

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : **PNIA MAIZ – ELADIO URBINA BURGOS**

PROCEDENCIA : San Marcos – Ichocán – Llanupacha Fecha: **13/07/2016**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

| Nombre Parcela | Código Laboratorio | P Ppm | K Ppm | pH | M.O % | Al meq/100g | Arena % | Limo % | Arcilla % | Clase Textural |
|----------------|--------------------|-------|-------|-----|-------|-------------|---------|--------|-----------|----------------|
| El Ballico | SU0439-EEBI-16 | 17.65 | 340.0 | 7.3 | 1.88 | -- | -- | -- | -- | -- |

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : ALTO
 Potasio (K) : MEDIO
 pH (reacción) : **LIGERAMENTE ALCALINO**
 Materia orgánica (M.O) : BAJO
 Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a Sembrar: MAIZ MORADO

| NUTRIENTES | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CAL | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CAL | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CAL |
|------------|-------|-------------------------------|------------------|---------|-------|-------------------------------|------------------|---------|-------|-------------------------------|------------------|---------|
| | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Ton /ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Ton /ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Ton /ha |
| Cantidad | 120 | 50 | 40 | -- | | | | | | | | |

Recomendaciones y Observaciones Especiales:



Ing. Tatlo A. Velásquez Camacho
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Anexo 3.

Figura 16: Fotografías de la certificación de algunas variedades



Etiqueta de semilla certificada de INIA

Figura 17: Hoja de la certificación de empresa PRONEX para análisis de Antocianina



CUADRO 1. RESULTADOS DE CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN CORONTA (%)

| AGRICULTOR | VARIEDAD | PE SO INICIAL CORONTA | PE SO CORONTA + HIDROACIDO | Nº VASO | ABSORVAN CIA | PURE ZA % |
|---------------|------------|-----------------------|----------------------------|---------|--------------|-----------|
| Juán Ruiz | Canteño | 0.6191 | 84.7619 | 3 | 1.153 | 3.79 |
| Juán Ruiz | PM - 581 | 0.3003 | 83.0532 | 1 | 0.601 | 4.07 |
| Juán Ruiz | INIA - 615 | 0.3008 | 83.1717 | 2 | 0.304 | 2.05 |
| Juán Ruiz | INIA - 601 | 0.3005 | 83.63 | 5 | 1.056 | 7.15 |
| Juán Ruiz | UNC - 47 | 0.3009 | 83.7211 | 4 | 0.975 | 6.59 |
| Juán Ruiz | MMM | 0.3006 | 83.0555 | 7 | 0.924 | 6.26 |
| Mario Abanto | Canteño | 0.3014 | 83.179 | 4 | 0.726 | 4.9 |
| Mario Abanto | PM - 581 | 0.6023 | 83.8112 | 1 | 1.168 | 3.94 |
| Mario Abanto | INIA - 615 | 0.3006 | 82.5867 | 6 | 0.635 | 4.3 |
| Mario Abanto | INIA - 601 | 0.3003 | 82.98 | 4 | 0.787 | 5.33 |
| Mario Abanto | MMM | 0.6019 | 84.1885 | 2 | 1.513 | 5.11 |
| Mario Abanto | UNC - 47 | 0.6010 | 83.8467 | 3 | 1.93 | 6.54 |
| Jaime Sanchez | Canteño | 0.6007 | 82.752 | 5 | 1.56 | 5.28 |
| Jaime Sanchez | PM - 581 | 0.3007 | 83.1318 | 1 | 0.763 | 5.16 |
| Jaime Sanchez | INIA - 615 | 0.6003 | 84.2 | 4 | 1.595 | 5.41 |
| Jaime Sanchez | INIA - 601 | 0.3002 | 84.724 | 2 | 0.905 | 6.13 |
| Jaime Sanchez | MMM | 0.3004 | 83.054 | 3 | 0.869 | 5.89 |
| Jaime Sanchez | UNC - 47 | 0.3006 | 82.7 | 5 | 0.983 | 6.66 |
| Marcos Burgos | Canteño | 0.3005 | 83.5708 | 3 | 0.667 | 4.52 |
| Marcos Burgos | PM - 581 | 0.6005 | 83.063 | 6 | 1.22 | 4.13 |
| Marcos Burgos | INIA - 615 | 0.3012 | 84.2 | 4 | 0.696 | 4.7 |
| Marcos Burgos | INIA - 601 | 0.3006 | 83.6511 | 4 | 0.957 | 6.48 |
| Marcos Burgos | MMM | 0.3004 | 83.0423 | 5 | 0.922 | 6.25 |
| Marcos Burgos | UNC - 47 | 0.3017 | 82.9225 | 3 | 0.83 | 5.6 |
| Eladio Urbina | Canteño | 0.3005 | 83.657 | 3 | 0.821 | 5.57 |
| Eladio Urbina | PM - 581 | 0.3007 | 84.2016 | 4 | 0.68 | 5.7 |
| Eladio Urbina | INIA - 615 | 0.3009 | 83.8813 | 6 | 0.811 | 5.48 |
| Eladio Urbina | INIA - 601 | 0.3005 | 91.682 | 1 | 0.936 | 6.34 |
| Eladio Urbina | MMM | 0.6046 | 83.7745 | 2 | 1.864 | 6.27 |
| Eladio Urbina | UNC - 47 | 0.6093 | 83.8086 | 1 | 2.033 | 6.79 |
| María Elsa | Canteño | 0.3008 | 83.3104 | 5 | 0.555 | 3.75 |
| María Elsa | PM - 581 | 0.3 | 89.1781 | 1 | 0.669 | 4.54 |
| María Elsa | INIA - 615 | 0.3009 | 83.0515 | 5 | 0.989 | 6.69 |
| María Elsa | INIA - 601 | 0.301 | 83.649 | 3 | 1.013 | 6.85 |
| María Elsa | UNC - 47 | 0.3016 | 82.9355 | 4 | 0.828 | 5.59 |
| María Elsa | MMM | 0.3004 | 83.505 | 6 | 1.005 | 6.81 |

PRODUCTOS NATURALES DE EXPORTACION S.A.

PRONEX S. A.

ENG. JENNY FERNANDEZ
Chief of Quality Assurance

Figura 18: Hoja de la certificación de empresa PRONEX para análisis de Antocianina



CUADRO 2. RESULTADOS DE CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRACTEA (%)

| AGRICULTOR | VARIEDAD | PESO INICIAL BRACTEA | PESO BRACTEA + HIDROACIDO | N° VASO | ABSORVANCIA | PUREZA |
|-----------------|------------|----------------------|---------------------------|---------|-------------|--------|
| Juán Ruiz | Canteño | 0.4009 | 83.7495 | 5 | 0.039 | 0.19 |
| Juán Ruiz | PM - 581 | 0.4008 | 83.2114 | 4 | 0.04 | 0.2 |
| Juán Ruiz | INIA - 615 | 0.4009 | 83.1512 | 1 | 0.03 | 0.15 |
| Juán Ruiz | UNC - 47 | 0.4041 | 82.9266 | 4 | 0.57 | 2.87 |
| Juán Ruiz | INIA - 601 | 1.2057 | 83.569 | 6 | 2.293 | 3.87 |
| Juán Ruiz | MMM | 0.401 | 82.927 | 3 | 0.395 | 2 |
| Mario Abanto | Canteño | 0.4024 | 83.72 | 5 | 0.023 | 0.11 |
| Mario Abanto | PM - 581 | 0.4004 | 83.1421 | 3 | 0.022 | 0.11 |
| Mario Abanto | INIA - 615 | 0.406 | 83.265 | 2 | 0.039 | 0.19 |
| Mario Abanto | UNC - 47 | 0.4009 | 82.9111 | 3 | 0.49 | 2.48 |
| Mario Abanto | INIA - 601 | 0.4008 | 83.49 | 1 | 0.576 | 2.92 |
| Mario Abanto | MMM | 0.4008 | 83.1407 | 3 | 0.172 | 0.87 |
| Jaime sanchez | Canteño | 0.4008 | 83.2211 | 1 | 0.025 | 0.12 |
| Jaime sanchez | PM - 581 | 0.4006 | 83.1814 | 3 | 0.04 | 0.2 |
| Jaime sanchez | INIA - 615 | 0.4 | 82.458 | 5 | 0.022 | 0.11 |
| Jaime sanchez | INIA - 601 | 0.4011 | 88.0126 | 7 | 0.567 | 2.87 |
| Jaime sanchez | MMM | 0.401 | 82.544 | 1 | 0.712 | 3.61 |
| Jaime Sanchez | UNC - 47 | 0.4007 | 82.8565 | 8 | 0.649 | 3.29 |
| Marcos Burgos | Canteño | 0.401 | 83.2514 | 4 | 0.034 | 0.17 |
| Marcos Burgos | PM - 581 | 0.4002 | 83.766 | 7 | 0.027 | 0.13 |
| Marcos Burgos | MMM | 0.403 | 82.159 | 4 | 0.69 | 3.48 |
| Marcos Burgos | INIA - 615 | 0.4013 | 83.023 | 1 | 0.194 | 0.98 |
| Marcos Burgos | INIA - 601 | 0.401 | 82.7415 | 4 | 0.587 | 2.98 |
| Marcos Burgos | UNC - 47 | 0.4005 | 83.126 | 7 | 0.572 | 2.98 |
| E ladio U rbina | Canteño | 0.4006 | 82.8094 | 8 | 0.035 | 0.17 |
| E ladio U rbina | PM - 581 | 0.4009 | 83.0123 | 5 | 0.055 | 0.27 |
| E ladio U rbina | UNC - 47 | 0.4007 | 83.0147 | 5 | 0.45 | 2.28 |
| E ladio U rbina | INIA - 615 | 0.4012 | 82.685 | 8 | 0.071 | 0.36 |
| E ladio U rbina | INIA - 601 | 0.4003 | 83.377 | 2 | 0.458 | 2.33 |
| E ladio U rbina | MMM | 0.4012 | 83.289 | 7 | 0.221 | 1.12 |
| María Elsa | Canteño | 0.4005 | 82.673 | 1 | 0.030 | 0.15 |
| María Elsa | PM - 581 | 0.403 | 83.266 | 3 | 0.027 | 0.13 |
| María Elsa | INIA - 615 | 0.401 | 83.0542 | 2 | 0.039 | 0.19 |
| María Elsa | INIA - 601 | 0.4008 | 82.378 | 2 | 0.524 | 2.66 |
| María Elsa | UNC - 47 | 0.4008 | 82.5767 | 3 | 0.097 | 0.49 |
| María Elsa | MMM | 0.4029 | 83.3007 | 4 | 0.188 | 0.95 |

PRODUCTOS NATURALES DE EXPORTACION S.A.
PRONEX S. A.


ENG. JENNY FERNANDEZ
 Chief of Quality Assurance

Anexo 4. Fotografías descriptivas de las variedades de maíz morado en estudio

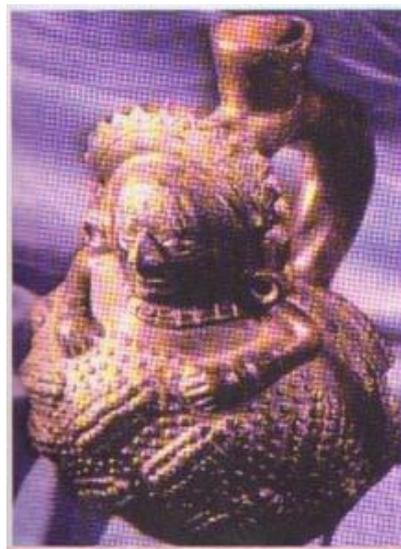
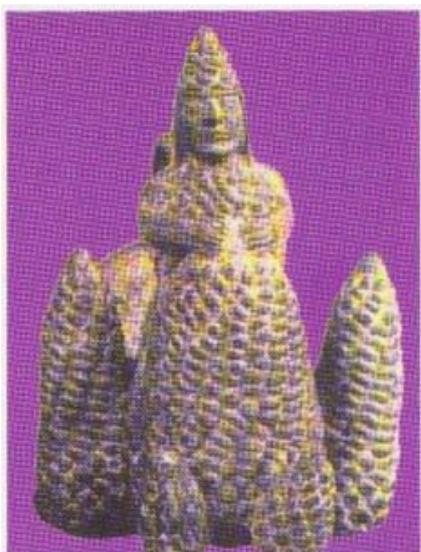


Figura 1 y 2. Muestras Arqueológicas prehispánicas del Perú donde se resalta la presencia del maíz morado (Cerámicas Mochica y Chimú).



Figura 3. INIA – 601, se puede observar el intenso color lo que nos indica el abundante porcentaje de antocianinas tanto en coronta, grano y bráctea.



Figura 4. Variedad INIA – 601



Figura 5. Variedad Canteño



Figura 6. Variedad Morado Mejorado



Figura 7. UNC. 47



Figura 8. INIA – 615



Figura 9. PM - 581

Anexo 5. Fotografías correspondientes a la cosecha y procesamiento de las variedades de maíz morado en estudio, en las distintas localidades.



Figura 10. Cosecha en Llanupacha a 3140 m.s.n.m, parcela del Sr. Eladio burgos Urbina.



Figura 11. Cosecha en Poroporo, selección y despacado a 3130 m.s.n.m



Figura 12. Picado de coronta y bráctea



Figura 13. Coronta picada y seleccionada por variedades



Figura 14 y 15. Planta de secado, para reducir la humedad tanto en coronta como en bráctea previamente picadas

Anexo 6. Fotografías de los procesos de los análisis para la determinación del porcentaje de antocianinas en laboratorio.



Figura 16. Molido de muestras de coronta y bráctea, estas deben ser lo más finas posibles



Figura 17. Tamizado de coronta, lo mismo se realiza para las muestras de bráctea.



Figura 18. Agitador magnético en la cual se encuentran 0.30 g de coronta o 0.40 de bráctea + 100 ml de hidroácido.



Figura 19. Reposo de la muestra para sedimentación y de ahí se prosigue llevar al espectrofotómetro



Figura 20. Fiola de 100 ml. con 5 ml. de solución y el resto es completado con hidroácido

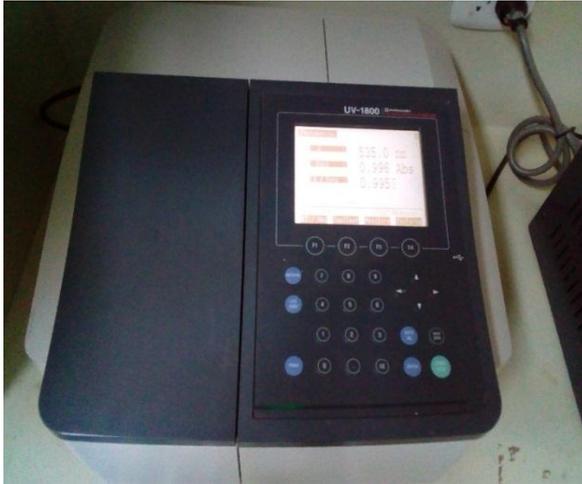


Figura 21. Espectrofotómetro a longitud de onda de 535 nm. Con celda de 1 cm de lado. Al cual se lleva la solución para la lectura de contenido de antocianinas.