

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS  
DE APURIMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**



**“DETERMINACION Y EXTRACCIÓN DEL CONTENIDO DE  
ANTOCIANINAS DE CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ MORADO  
(*Zea mays L.*) CULTIVADOS EN TRES PISOS ECOLÓGICOS EN LA  
PROVINCIA DE ABANCAY”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Presentado por:**

**Bach. TINO ARÍSTIDES MEZA FÉLIX**

**Abancay, 29 de Enero del 2010**

**PERÚ**



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	
CÓDIGO	MFN
T 1A5 M 2010	
	BIBLIOTECA CENTRAL
FECHA DE INGRESO:	09 AGO. 2010
Nº DE INGRESO:	00001



## **DEDICATORIA**

A mis padres con mucho afecto cariño y gratitud por haberme apoyado en todo momento, para seguir adelante en este constante caminar de la vida.



## **AGRADECIMIENTOS**

A los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

A mi asesor el M.Sc. Ing. Víctor Hugo Sarmiento Casavilca, por haberme brindado su amistad y confianza, apoyo y orientación profesional constante, en la planificación y ejecución del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Marylín Juro, por su apoyo incondicional en el laboratorio de química de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial para la ejecución de los análisis respectivos.

Al Ing. Rubén Cerro, por el apoyo que me brindo para la realización de la presente investigación, por parte de la Central De Productores Abanquinos (CPA),

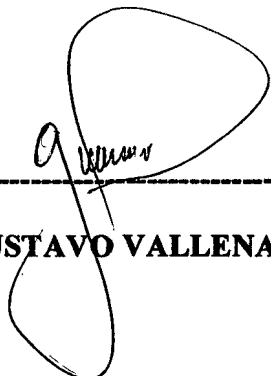
A la Central De Productores Abanquinos (CPA), quienes brindaron los recursos necesarios para la ejecución de de esta investigación.

Al Doc.(a) Luzbeli Contreras Pascual, por brindarme su amistad, apoyo y orientación profesional constante en la búsqueda de métodos para la extracción y cuantificación de antocianinas del presente trabajo de investigación.



**“DETERMINACIÓN Y EXTRACCIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS  
DE CUATRO VARIETADES DE MAÍZ MORADO (ZEA MAYS L.) CULTIVADOS  
EN TRES PISOS ECOLÓGICOS EN LA PROVINCIA ABANCAY”**

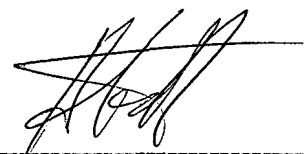
**DECANO DE FACULTAD:**



-----

**Ing. GUSTAVO VALLENAS CASAVERDE**


**PRESIDENTE DEL JURADO:**



-----

**Ing. ALFREDO FERNANDEZ AYMA**

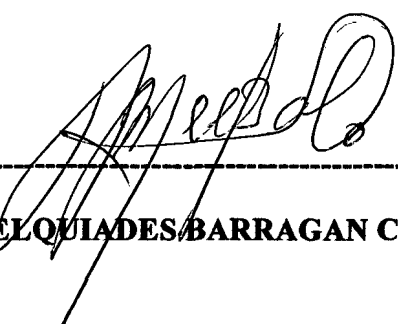
**JURADO:**



-----

**Ing. ALEX ERNESTO MUÑOZ CACERES**

**JURADO:**



-----

**Quim. MELQUIADES BARRAGAN CONDORI**

**ASESOR DE TESIS:**



-----

**M. Sc. Ing. VICTOR HUGO SARMIENTO CASAVILCA**

## INDICE

	Pág.
<b>CAPITULO I INTRODUCCIÓN</b>	
OBJETIVOS	02
RESUMEN	03
ABSTRACT	04
<b>CAPITULO II MARCO TEORICO</b>	
2.1. El maíz morado ( <i>Zea mays L.</i> )	05
2.2 Origen	05
2.3 Clasificación botánica	06
2.4 Características morfológicas y físicas	07
2.5 Composición química	08
2.6 Variedades de maíz morado	08
2.7 Usos y propiedades del maíz morado	10
2.8 Las antocianinas	12
2.8.1 Estructura de las antocianinas	12
2.8.2 Las principales antocianinas	14
2.8.3 Contenido de antocianinas en algunas verduras y frutos	15
2.9 Factores que alteran la estabilidad de las antocianinas	15
2.9.1 Oxígeno	15
2.9.2 Presencia de oxígeno y ácido ascórbico	16
2.9.3 Cambio de pH	17
2.9.4 Temperatura	18
2.9.5 Luz ultravioleta	18
2.9.6 Exposición a radicales libres	18
2.9.7 Copigmentación	18
2.9.8 Los azúcares	19
2.10 Ubicación de las antocianinas en el tejido vegetal	20
2.11 Origen de las antocianinas	20
2.12 Biosíntesis de las antocianinas	21
2.13 Identificaciones de antocianinas	23
2.13.1 Antocianinas del maíz morado	25
2.14 Espectrofotometría	28
2.15 La ley de bourguer-lambert y beer	28
2.16 Método del pH diferencial para antocianinas totales	30



## CAPITULO III PARTE EXPERIMENTAL

3.1 Lugar de ejecución	33
3.2 Materia prima	33
3.3 Materiales equipos y reactivos	33
3.3.1 Materiales	33
3.3.2 Equipos	34
3.3.3 Reactivos	34
3.4 Metodología	35
3.5 Análisis y tratamientos físicos de la muestra	37
3.5.1 Tratamiento de la muestra	37
3.5.2 Recepción de las muestras	37
3.5.2.1 Determinación de dimensiones de marlo	37
3.5.2.2 Determinación del peso	37
3.5.3 Selección de las muestra	38
3.5.4 Desgranado de las muestra	38
3.5.4.1 Determinación de dimensiones de grano	38
3.5.4.2 Determinación del peso	38
3.5.4.3 Peso mil granos	38
3.5.5 Triturado de las muestras	38
3.5.5.1 Triturado	38
3.5.5.2 Determinación de humedad	39
3.5.6. Extracción de antocianinas por solventes	39
3.5.7 Cuantificación de antocianinas por espectrofotometría UV visible	39
3.5.8 Efecto del oxígeno a ph 4.5, luz y temperatura sobre el pigmento	39
3.5.9 Extracción y estabilización de las antocianinas de maíz morado	39
3.6 Diseño experimental para la estandarización	41

## CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4. Análisis y tratamientos físicos de la muestra	43
4.1. Tratamiento de las muestra (cosecha)	43
4.2 Recepción de las muestras	43
4.2.1 Determinación de dimensiones de marlo	43
4.2.1.1. Largo de marlo	43
4.2.1.2. Diámetro de marlo	46
4.2.1.3. Número de hileras por marlo	48
4.2.1.4. Numero de granos por hilera	49
4.2.2. Determinación del peso de mazorca de maíz morado	52
4.3 Determinación de dimensiones de grano	54
4.3.1 Largo de grano	54
4.3.2 Ancho de grano	56
4.3.3 Espesor de grano	58
4.4. Determinación del rendimiento del maíz morado	60



4.4.1	Peso mil granos	63
4.5	Triturado de las muestras	66
4.5.1	Determinación de humedad	66
4.6	Extracción de antocianinas por solventes	68
4.7	Cuantificación de antocianinas por espectrofotometría UV visible	70
4.7.1	Contenido de las antocianinas en función a las variedades	74
4.7.2	Contenido de las antocianinas en función a los tres pisos ecológicos	77
4.8	Estudio de estabilidad de las antocianinas	80
4.8.1	Efecto del oxígeno a pH 4.5, luz y temperatura sobre el pigmento	81
4.8.1.1	Efecto del oxígeno a pH 4.5	81
4.8.1.2	Efecto de la luz	82
4.8.1.3	Efecto de la temperatura	83
4.8.4	Obtención de la extracción de las antocianinas de maíz morado	84
4.8.4.1	Cuantificación de antocianinas en el extracto de marlo de maíz morado	86
	CONCLUSIONES	87
	RECOMENDACIONES	89
	BIBLIOGRAFIA	90
	ANEXOS	97



## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pág.</b>
01: Dimensiones de marlo y granos del maíz morado	07
02: Composición química del grano y el marlo del maíz morado	08
03: Fertilización recomendada para 1 hectárea	11
04: Sustituyentes de las antocianinas	16
05: Contenido de antocianinas en algunas frutas y verduras	18
06: Reporte del coeficiente de extinción molar de las antocianinas	26
07: La relación cuantitativa del contenido de antocianinas en la semilla de maíz morado	28
08: Datos MS espectrales de las antocianinas del maíz morado	29
09: Comparación del largo de marlo del maíz morado con otras variedades de maíz morado	47
10: Comparación del diámetro de marlo del maíz morado con otras variedades de maíz morado	50
11: Comparación del Número de hileras por marlo del maíz morado con otras variedades de maíz	52
12: Comparación del número de granos por hilera de maíz morado con otras variedades de maíz	54
13: Comparación del peso de marlo del maíz morado con otras variedades de maíz	56
14: Comparación del largo de granos del maíz morado con otra variedad de maíz morado	58
15: Comparación del ancho de grano del maíz morado con otra variedad de maíz morado	60
16: Comparación del espesor de grano del maíz morado con otra variedad de maíz morado	62
17: Resultados del rendimiento de marlo y grano de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	64
18: Comparación del rendimiento marlo del maíz morado con otra variedad de maíz morado	65
19: Peso mil granos de las muestras de maíz morado de los 3 pisos ecológicos	67



20: Comparación de peso de granos de maíz morado de otras variedades de distinto sector	68
21: Comparación del % de humedad del maíz morado con otras variedades de maíz morado	70
22: Extracción de antocianinas del maíz morado de los tres pisos ecológicos	71
23: Color y distribución de las principales antocianinas en algunas frutas y vegetales	72
24: Comparación del contenido de antocianinas (mg/100 gr) del maíz morado con otras variedad de maíz morado	74
25: ANOVA de la concentración de antocianinas en función a la variedad de maíz morado	79
26: ANOVA de la concentración de antocianinas en función al piso ecológico	82
27: Datos de A pH 1, Temperatura, Tiempo y Absorbancias	83
28: Datos de A pH 4.5, Temperatura, Tiempo y Absorbancias	83
29: Concentración de antocianinas del extracto de maíz morado	88



## INDICE DE GRAFICOS

<b>Grafico</b>	<b>Pág.</b>
0.1: Proceso para la extracción y determinación del contenido de antocianinas del maíz morado ( <i>Zea mays L.</i> )	38
0.2: Proceso para la extracción y estabilización de las antocianinas del maíz morado ( <i>Zea mays L.</i> )	44
0.3: Diseño experimental para la extracción y cuantificación del contenido de antocianinas	45
0.4: Comparación de largo de marlo de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	46
0.5: Comparación del diámetro de marlo de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	50
0.6: Comparación del número de hileras por marlo de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	52
0.7: Comparación del número de granos por hilera de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	53
0.8: Comparación de peso de marlo de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	55
0.9: Comparación de largo de grano de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	57
10: Comparación de ancho de grano de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	59
11: Comparación de espesor de grano de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	61
12: Comparación del porcentaje de rendimiento de marlo de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	63
13: Comparación de peso mil granos de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	67



14: Comparación del % de humedad de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	69
15: Comparación del contenido de antocianinas en mg/ L de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	73
16: Repetición 01 contenido de antocianinas en función a las variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	77
17: Repetición 02 contenido de antocianinas en función a las variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	78
18: Repetición 03 contenido de antocianinas en función a las variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos	79
19: Repetición 01 contenido de antocianinas en función a los tres pisos ecológicos	80
20: Repetición 02 contenido de antocianinas en función a los tres pisos ecológicos	81
21: Repetición 03 contenido de antocianinas en función a los tres pisos ecológicos	82
22: Efecto del pH a 4.5 sobre la estabilidad de las antocianinas	84
23: Efecto de la temperatura sobre la estabilidad de las antocianinas	87



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
01: Núcleo básico de una antocianina	17
02: Principales antocianidinas	19
03: La antocianina y sus cambios de coloración	22
04: Ruta general de las antocianinas	27
05.:Cromatografía de HPLC de extracto de maíz morado	32
06.:Estructura de las antocianinas del maíz morado	32
07: Relaciones de transmitancia	33
08: La estructura del catión flavilio A, y la estructura del forma quinoidal en B y sus sustituyentes en R=H en sustituyentes glicosidicos	36
09: Espectros de antocianina en UV visible en baffle de pH 1.0 y pH 4.5	37
10: Conformación de antocianinas en variación de soluciones acidas	85
11: Degradación del mono glucósido a pH 3.7 acelerado por el calor	88



## LISTA DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	NOMBRE
Ac	Acetato
Arab	Arabinosa
ARE	Extractó liquido de Antocianina
Coum	p-coumarate
CRD	Completely Randomized Design
Cy	Cianidina
CK	Cloruro De Potasio
Dp	Delfinidina
DPPH	2,2-diphenil-1-picrilhidrazil
Fig.	Figura
Gal	Galactosidacion
GIT	Gastrointestinal Tract
Glu	Glucosidacion
Glc	Glucosa
Graf	Grafico
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
K	Potasio
Mal (Mv)	Malvidina
Mal	Acido Malonico
MS	Mass Spectrum
NPK	Nitrógeno, Fosforo y Potasio
PCA	Orden de los compuestos
Pg	Pelargonidina
Pn	Peonidina
Pt	Petunidina
Ref.	Referencia
Rut	Rutinosa
Sam	Sambubiosa
Soph	Soforosa
UV	Ultravioleta



## I. INTRODUCCIÓN

El maíz morado se desarrolla en distintos tipos de climas y suelos debido a estos factores, la producción de maíz morado es heterogénea, estos factores afectan en el crecimiento del maíz morado e influyen en sus características físicas y fisicoquímicas del producto es por esto que existe una variabilidad en formas tamaños y productividad de este producto, de acuerdo a las condiciones de cultivo lo cual implicara condiciones específicas de cultivo por determinada altitud y tipo de clima.

El cultivo del maíz morado en Perú en los últimos años sea incrementando gracias a las políticas del MINISTERIO DE AGRICULTURA que busca la masificación y tecnificación de su cultivo a nivel nacional, es así que en la región de Apurímac gracias a un financiamiento de INCAGRO y al trabajo de la Central de Productores Abanquinos (CPA) se viene ejecutando un proyecto denominado "Introducción de Maíz Morado Como Cultivo Competitivo en la Provincia de Abancay", este proyecto contempla la producción de cuatro distintas variedades de maíz morado (PVM 581, CANTENO, OMAS y AREQUIPEÑO) producidos con el mismo abonado y cultivo en tres pisos ecológicos en los sectores de Quitasol, Huanipaca, Circa.

En la provincia de Abancay se a incremento la producción de maíz morado como uno de los cultivos principales en la producción de los agricultores, en los últimos 5 años se incremento el consumo del maíz morado, por la cantidad de antocianinas que contiene las cuales son excelentes antioxidantes y tiene propiedades anti cancerígenas es por esto que el valor económico que se le brinda al maíz morado está basado en la cantidad de antocianinas en los mercados del país y en el exterior. La presente investigación tienen como finalidad Incrementar el valor comercial del maíz morado en el mercado nacional e internacional esto conlleva a evaluar los factores que influyen en el contenido de antocianinas del maíz morado como las condiciones de cultivo, que influyen en el desarrollo del maíz morado.

Por lo tanto esto conllevara a proponer una variedad de maíz morado, que se estudiara la cual contenga mayor contenido de antocianinas que se cultivo bajo las mismas condiciones tecnológicas, de esta manera poder aportar en la mejora de producción de este producto.

## OBJETIVOS

### a) OBJETIVO GENERAL

- Extraer y cuantificar las antocianinas en las variedades de maíz morado PVM 581, CANTEÑO, OMAS y AREQUIPEÑO cultivados en los sectores de Quitasol, Huanipaca, Circa.

### b) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar físicamente el maíz morado (*Zea mays L.*) cultivado y cosechado en tres pisos ecológicos.
- Extraer y cuantificar las antocianinas de las cuatro variedades de maíz morado cultivados en cada piso ecológico.
- Determinar que variedad de maíz morado en relación al contenido de antocianinas dentro de los 3 pisos ecológicos brinda mayor contenido de antocianinas.
- Determinar la estabilidad de las antocianinas de la variedad del maíz morado que resulte con mejores condiciones de introducción en la provincia de Abancay.

## RESUMEN

El presente trabajo tubo como objetivos determinar y caracterizar los factores que inciden en el contenido de antocianinas de cuatro variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) CANTEÑO, OMAS, AREQUIPEÑO Y PVM-581 los cuales fueron cultivados en tres pisos ecológicos QUITASOL, HUANIPACA Y CIRCA, los cuales se analizaron en el laboratorio de química y parasitología de la UNAMBA, donde se extrajo las antocianinas del marlo para poder determinar que variedad de maíz morado contienen mayor concentración de antocianinas y de la variedad que contenga la mayor concentración de antocianinas determinar la estabilidad en presencia de oxígeno, temperatura y presencia de luz.

La extracción y cuantificación de antocianinas se realizo prosiguiendo las siguientes etapas: Cosecha, recepción, selección, desgranado, triturado, extracción por etanol ácido, cuantificación por espectrofotometría UV visible. Para evaluar la extracción, cuantificación y estabilidad de las antocianinas en función al piso ecológico se analizo estadísticamente a través de un diseño completamente al azar de 3Ax4B, con 3 replicas Para el análisis de datos estos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA). La extracción y cuantificación de antocianinas se determino en las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos, mediante el método de pH diferencial, con el que se determina la concentración de antocianinas con un espectrofotómetro UV visible donde se utilizo como solvente etanol ácido en la proporción, HCL de 1.5 N: etanol 96 % (5:17), para lo cual se utilizo una bomba de vacío utilizando un embudo buchner con un papel watman # 42, una vez extraídos los pigmentos se realizo las lecturas en el espectrofotómetro UV visible a longitud de onda de 700 nm y 520 nm a un pH de 1.0 y 4.5, para la modificación de los pH se utilizo cloruro de potasio a 0.025 M con HCL para el pH 1.0 y para el pH 4.5 acetato de sodio a 0.4 M con HCL, los blancos para la lectura del espectrofotómetro se realizaron con los mismos buffer de PH 1.0 Y 4.5, la mayor concentración de antocianinas se obtuvo en la variedad PVM-581 con  $1,856.08 \pm 20.45$  mg/100 gr. proveniente del sector de Circa las mejores estabilidad se determino mayor estabilidad frente al oxígeno a pH 4.5, a la temperatura y luz a la siguientes condiciones a un tiempo de 19 minutos y a una Temperatura de 8.90 °C se obtuvo la mayor extracción con 1,893.65 mg/100 gr muestra, los factores que inciden en la concentración de antocianinas son pendiente del suelo, infiltración, altitud, temperatura y HR.

El análisis estadístico se realizo mediante el programa Microsoft Office Excel 2007 en el cual se realizo el (ANOVA) donde el factor que más influye en la concentración de antocianinas es la altitud.

## ABSTRACT

The present I work pipe as aims(lenses) to determine and to characterize the factors that affect in the content of antocianyns of four varieties of purple corn (*Zea mayz L.*) CANTENO, OMAS, AREQUIPEÑO and PVM-581 which were cultivated in three ecological flats PARASOL, HUANIPACA and CIRCA, which were analyzed in the laboratory of chemistry and parasitology of the UNAMBA, where the antocianyns of the marlo were extracted to be able to determine that variety of purple maize(corn) they contain major concentration of antocianyns and of the variety that contains the major concentration of antocianyns to determine the stability in presence of oxygen, temperature and presence of light.

The extraction and quantification of antocianyns I realize continuing the following stages: Crop, receipt, selection, peeled, crushed, extraction for acid ethanol, quantification for espectrofotometric UV. To evaluate the extraction, quantification and stability of the antocianyns in function to the ecological flat I analyze statistically across a design completely at random of 3Ax4B, with 3 replies For the analysis of this information they were submitted to an analysis of variance (ANOVA). The extraction and quantification of antocianyns I determine in four varieties of purple maize(corn) of three ecological floors(flats), by means of the method of pH differentially, with that the concentration decides of antocianyns with an espectrofotométric visible UV where I use as solvent acid ethanol in the proportion, HCL of 1.5 N: ethanol 96 % (5:17), for which I use a vacuum pump using a funnel buchener with a paper watman \* 42, once extracted the pigments I realize the readings in the spectrophotometer visible UV to wave length of 700 nm and 520 nm to a pH of 1.0 and 4.5, for the modification of the pH I use chloride of potassium to 0.025 M With HCL for the pH 1.0 and for the pH 4.5 acetate of sodium to 0.4 M with HCL, the whites(targets) for the reading of the spectrophotometer fulfilled with the same PH's baffle 1.0 and 4.5, the major concentration of antocianyns obtained in the variety PVM-581 with 1,856.08 + 20.45 mg/100 gr. from Circa sector the best stability I determine major stability opposite to the oxygen to pH 4.5, to the temperature and light to following conditions to a time of 19 minutes and to a Temperature of 8.90 °C the major extraction obtained with 1,893.65 mg/100 gr sample, the factors that affect in the concentration of antocianyns are dependent on the soil, infiltration, altitude, temperature and Relative dampness.

The statistical analysis I realize by means of the program Microsoft Scullery Exel 2007 in which I realize the (ANOVA) where the factor that more influences the concentration of antocianyns is the altitude.



## II. MARCO TEORICO

### 2.1 Maíz morado (*Zea mays L.*)

El maíz morado es una planta monocotiledónea, de estambres homogéneos pertenecientes a la familia de las Gramíneas del género *Zea* y especie *Zea mays*, se le considera oriunda de América, La cual crece y es cultivada desde los 500 a 2800 m.s.n.m en distintos tipos de climas y suelos, el cual crece en suelos desde ácidos a básicos en un rango de 5 a 8 de pH (Sevilla y Valdez, 1985).

### 2.2 Origen

El maíz recibe la denominación de morado cuando el pericarpio, las glumas y la tuza o coronta presentan un color muy oscuro, casi negro, por la acumulación de pigmentos antocianicos, que son utilizados en el Perú para colorear la chicha y la mazamorra morada. (Sevilla y Valdez, 1985)

Hay diversas variedades de maíz morado, todas ellas provienen de una raza ancestral denominada "kculli" que todavía se cultiva en el Perú. Las formas más típicas están casi extinguidas. La raza kculli es muy antigua, restos arqueológicos con mazorca típicas de esta raza se han encontrado en Ica, paracas, nazca y otros lugares de la costa central, cuya antigüedad se estima por lo menos en 2500 años. También se encuentra mazorcas moldeadas, con las características de la raza, en la cerámica Mochica (Sevilla y Valdez, 1985).

El origen del maíz morado es muy remoto. Se cultiva en el Perú desde épocas pre colombinas, se cree que son nativas de las alturas de México o América Central, pero que no es conocido en el estado silvestre. Las diversas variedades de maíz morado proviene de la variedad ancestral culli (que en quechua significa negro); la variedad culli es una de las cinco variedades ancestrales de las que se ha originado todas las demás, actualmente en extinción en el mundo (Sevilla y Valdez, 1985).

En el Perú la variedad culli se cruzo con otras, transfiriendo sus colores característicos a la variedad derivada como el de Huancavelica, Piscoruto, Cuzco, Huayleño, Arequipeño e Ica. Sin embargo se ha producido variedades más desarrolladas y de mayor rendimiento mediante la técnica de cruzamiento y selección. Es conocida la asociación de coloración antocianinas en plantas de maíz con su distribución altitudinal; maíces distribuidos a nivel de mayor altura presentan alta intensidad de coloración la cual disminuye hasta verde a nivel del mar.

El maíz ecuatoriano parece haberse originado del cruce miento entre culli ancestral con variedades de mazorca grandes. El culli argentino es parecido al ecuatoriano con la diferencia de que los granos son más duros (Sevilla y Valdez, 1985).

### 2.3 Clasificación Botánica

<b>Reino</b>	:	Vegetal
<b>División</b>	:	Fanerógama
<b>Sub. División</b>	:	Angiosperma
<b>Sub Clase</b>	:	Glomifora
<b>Familia</b>	:	Gramínea
<b>Tribu</b>	:	Tripsaceae (Maydeae)
<b>Género</b>	:	<i>Zea</i>
<b>Especie</b>	:	<i>Zea mays L.</i>
<b>Nombre Común</b>	:	Maíz morado

Ref.: (Sevilla y Valdez, 1985)

## 2.4 Características morfológicas y físicas

El maíz morado, es una gramínea monocotiledonea presenta un sistema radicular de raíces adventicias (se originan en el tallo) denomina raíces tipo sancos que se forman en los nudos inferiores del tallo y que se van introduciendo en el terreno para fijar mejor a la planta. (Martines y Tico R., 1974)

El tallo es de forma cilíndrica y nudosa, en la parte interna presenta una masa esponjosa de color blanco y rica en azúcar. El tallo puede medir de 2 a 2,3 m de altura, las hojas alternas y envainadoras, el limbo se parece a una cinta, por esto recibe el nombre de lineal, es de borde entero y de venación paralela. Entre la vaina y el limbo existe una laminilla membranosa llamada lígula (Martínez y Tico R., 1974).

Al eje se da el nombre de coronta, tusa o marlo y el fruto recibe el nombre de cariósido, es seco indehiscente y contiene una sola semilla pegada al pericarpio, la cual es rica en almidón; El color de la planta es muy variable, va del verde morado al morado oscuro. Lo que mantiene invariable es el color de la lígula de las hojas, que siempre es muy oscura y el color morado de las antenas. En el Cuadro N° 01: que se presenta a continuación se señalan algunas características físicas de la mazorca.

**Cuadro N° 01: Dimensiones de marlo y granos del maíz morado**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>
Largo de la tusa (cm)	15,00	20,00	12,00
Ancho de la tusa (cm)	5,00	5,80	4,00
Numero de hilera	10,00	12,00	8,00
Numero de granos por hilera	25,00	36,00	18,00
Largo de granos (mm)	11,00	13,00	10,40
Ancho de granos (mm)	5,60	6,20	5,00
Espesor del grano (mm)	6,00	6,50	5,50

Ref.: (Sevilla y Valdez, 1985)

## 2.5 Composición química

La mazorca de maíz morado (tusa y grano), contienen el pigmento antocianico, que se encuentra presente en mayor cantidad en la tusa (coronta) y en menor proporción en el pericarpio (cascara del grano). Este fruto está constituido por 80 % de granos y 20 % de tusa esto según. En el Cuadro N° 02 se puede observar la composición química del grano y el marlo. (Delgado, J. 1987)

**Cuadro N° 02: Composición química del grano y el marlo del maíz morado**

COMPONENTE	GRANO (%)	MARLO (%)
Humedad	11,4	11,20
Proteína	6,7	3,74
Grasa	1,5	0,32
Fibra	1,8	24,01
Cenizas	1,7	3.31
Carbohidratos	76,9	57,42
Total	100,00	100,00

Ref.: (Delgado, J. 1987)

## 2.6 Variedades de maíz morado

Las variedades de maíz morado básicamente se diferencian por la forma y tamaño del marlo, por el número de hileras que varían de 8 a 12, por el tamaño, forma y color del pericarpio de los granos y por otras características morfológicas. El color de la planta varía de verde a morado oscuro, pero la lígula de las hojas y de las antenas son variables, teniendo siempre un color morado oscuro (Sevilla y Valdez, 1985) las variedades tradicionales más conocidas son:

**Cuzco morado:** Variedad relacionada a la raza cusco gigante, es tardía, los granos son grandes dispuestos en mazorcas de 08 hileras muy bien definidas. Se le cultiva en zonas intermedias en altitud en los departamentos de cusco y Apurímac.



**Arequipeño:** En las alturas del departamento de Arequipa se encuentra una variedad de granos morados, dispuestos en hileras regulares en la mazorca. La forma de la mazorca es similar al del cusco, pero es más pequeña, el color de la tuza no es tan intenso como en otras variedades, pero en la colección hecha en Arequipa se encuentra mucha variabilidad para esta característica, por lo que se puede ser mejorada. Es más precoz que las variedades previamente citadas.

**Morado Canteño:** derivada de la raza Cusco, con características de mazorca muy similares a la raza Cusco morado, aunque de menores dimensiones. Es más precoz se cultiva en muchos lugares de la sierra del Perú pero especialmente en las partes altas del valle de chillón, en el departamento de lima, hasta los 2500 msnm. Es la variedad que más se consume en el mercado de lima. (Tenorio, M. 2007)

**Morado de Caráz:** Variedad derivada de las razas Ancashino y Alazán .Recibe ese nombre porque se la cultiva en la localidad de caras, en el callejón de Huaylas, en extensiones relativamente grandes, el grano es más chico que las variedades de origen cuzqueño, es de precocidad intermedia y tiene la ventaja que pueda adaptarse también a la costa, entre las variedades tradicionales es la que muestra mayor capacidad de rendimiento y la que presenta la tuza mas pigmentada. (Acero y Díaz, M. 2004)

**Morado Omas:** esta variedad es tardía, son de granos grandes dispuestos en mazorcas de hileras bien definidos. (Tenorio, M. 2007)

**Negro De Junín:-** Se denomina así a una variedad precoz de granos negros, grandes, dispuestos irregularmente en una mazorca corta y redondeada. Es similar en forma a la variedad san jerónimo Huancavelicano .se le encuentra en la sierra centro y sur hasta Arequipa , ocupando alturas mayores que las otras variedades. (Sevilla y Valdez, 1985)

**VARIETADES MEJORADAS.-** La única que está en producción actualmente es PMV -581, variedad mejorada del programa de maíz (PM), para la sierra media (serie 500) PMV -581 se origino de la variedad morado de caras, primero por selección fenotípica de mazorcas y color de grano, y posteriormente por selección masal y selección mazorca - hilera. En total tiene cerca de 20 años continuados de selección y mejoramiento genético. (Sevilla y Valdez, 1985)

## 2.7 Usos y propiedades del maíz morado

El maíz morado (*Zea mays L.*), se usa en la preparación de bebidas refrescantes (chicha morada), dulces (Mazamorra de maíz morado), extraen el colorante en polvo para la elaboración de bebidas de frutas (fresa) y también en vinos y vinagres. En Japón se utilizan para colorear caramelos; helados y bebidas (Lock Sing, 1997).

El maíz morado (frecuentemente llamado el maíz azul) es botánicamente la misma especie como el maíz de la mesa. Debido a una torcedura de la naturaleza, este maíz produce los granos con una de las sombras más profundas de color púrpura encontrado en cualquier parte del planeta “en el reino vegetal.” las Investigación ha mostrado que este maíz morado contiene células protegiendo los antioxidante con la habilidad de inhibir los tumores cancerígenos inducido en las ratas.

Muchas plantas derivan a tener antocianinas en su estructura, se cree que las sustancias muestran estas propiedades, pero alguno también ha demostrado capacidades antiinflamatorias y el potencial para ayudar prevenga la obesidad. Los granos de maíz azul (en Sudamérica el maíz morado) se han usado mucho tiempo por las personas de los Andes peruanos para colorear comidas y bebidas, una práctica la cual se popularizo en el mundo y en la industria. También del maíz morado se realizan un fermentado de los granos y el marlo al cual le llaman la chicha morada (The Brack-egg, 1999)

La referencia de esta alternativa natural a los tintes de comida sintéticos es el grupo más grande de pigmentos naturales, líquidos solubles en el mundo, los cuales provienen de las plantas, conocido como “las antocianinas.” (The flange y Timberlake, 1997). (La palabra antocianina se deriva de las voces griegas, anthos, significando la flor, y kyanos, significando azul (Kong J, et. al) 2003), las antocianinas son responsables de la coloración púrpura, violeta, morada y los colores rojos que asisten a muchas plantas. Las Antocianinas pertenecen a una clase aun más grande de químicos de las planta conocido como el flavonoides y se encuentra en las plantas diversas. (Mazza y Miniati, 1993) El Departamento de Ciencias Hortícolas de Texas A&M en la Estación de la Universidad de Texas, determinaron recientemente que las antocianinas



del marlo de maíz morado fresco de Perú tenía de 1640.0 mg/100 g de marlo el cual es muy alto a comparación de los arándanos frescos que contenían (130-380 mg/100 g).

En una base de peso seco, el volumen de marlo de maíz morado era comparable a los arándanos (17.7 y 9.2-24.0 mg/g, respectivamente). El pericarpio del grano del maíz morado se alejaba por mucho en concentración de antocianinas, contribuyendo 45% del volumen total. Más intrigante, en la capacidad antioxidante in vitro del extracto de maíz morado contra el DPPH, el radical era mayor que el de arándanos (*corymbosum* de *Vaccinium L.*, *Ericaceae*), que ha mostrado el antioxidante más alto valorado en muchos alimentos comerciales de plantas y frutos. (Cevallos, Cisneros, Zevallos, L. 2003)

En un estudio realizados sobre ratas para poder determinar la capacidad potencial antiinflamatorio, las ratas masculinas a las cuales se les administraron las antocianinas oralmente en la proporción (0.9 mmol/kg) después de la inflamación aguda químicamente inducida mostró menos inflamación significativamente y significativamente se atenuó niveles de citocinesis en pro de-inflamatorio (Tsuda T, Horio F y Osawa T., 2002). Basado en estos resultados, es posible que este pigmento de la planta también pueda suprimir la contestación inflamatoria en enfermedades marcadas con la inflamación.

El extracto de antocianinas favorece la regeneración de tejidos, previene enfermedades cardiovasculares retarda procesos degenerativos en general, tiene acción anti arrugas, Incrementa el flujo sanguíneo, estimula la acción diurética desintoxica el cuerpo de los agentes contaminantes del medio ambiente, desactiva sustancias cancerígenas, fortalece el sistema inmune y protegen al cuerpo del desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas, se caracteriza por tener un importante efecto antioxidante al apoyar la regeneración de los tejidos (Shirai T., 1982).

El pigmento del maíz morado es muy utilizado hoy en día como un colorante alimentario, el cual es muy estable a pH bajos de 3 a 4.5 en los cuales mantiene una coloración rojiza característica de las antocianinas a bajos pH, este colorante es



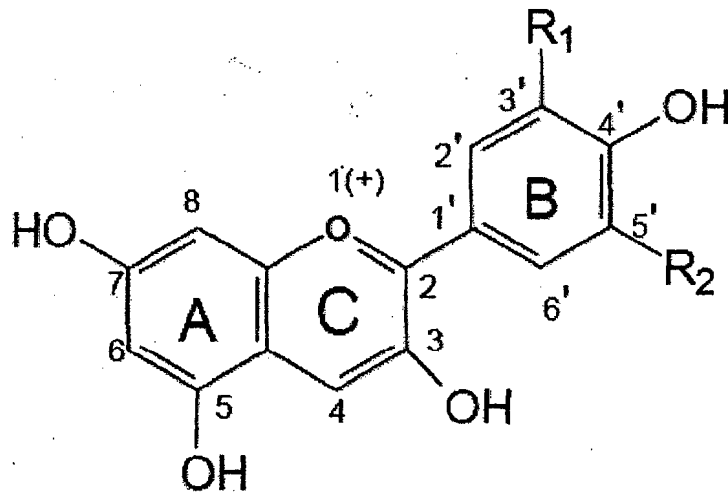
utilizado en yogures los cuales son estables entre 9 a 15 días después de haber sido procesados (Salinas, M. 2005).

El maíz morado (*Zea mays L.*) es muy rico en antocianinas, es una cosecha andina, cultivado en los valles bajos en América del Sur principalmente en Perú y Bolivia. Es conocido como “el maíz morado” y se ha usado para elaborar postres y bebidas durante mucho tiempo. El colorante del maíz morado se usa ampliamente en la actualidad en Asia, América del Sur y Europa. El pigmento antocianina se extrajo del maíz morado entero, en el Perú se encontró en la cantidad de 1640 mg/100g era el peso fresco según (Jones, 2005)., superior que los arándanos frescos (73-430 mg/100g) (Moyer, 2002). Las antocianinas del pericarpio del grano del maíz morado contribuyen al mayor porcentaje de volumen de antocianina de grano total. El nivel de antocianinas fue de 504.0 a 1473.0 mg / 100g en el pericarpio del grano mientras en granos degenerados 54.4 a 115.0 mg / 100g entre la cutícula incluso Cianidina-3-glucosido son las antocianinas de mayor cantidad en la mazorca de maíz morado. (Nakatani,1979).

## **2.8 Las antocianinas**

### **2.8.1 Estructura de las antocianinas**

Las antocianinas como pigmentos naturales inocuos tienen considerable potencial en la industria alimentaria, pero a diferencia de los pigmentos rojos sintéticos que se utilizan actualmente, las antocianinas son compuestos fenólicos vegetales los cuales son pigmentos flavonoides hidrosolubles de color rojo, púrpura, o azul que dan el color característico de algunas frutas, verduras y flores. Las antocianinas también son glucósidos, los cuales cuando se hidrolizan producen un azúcar y una aglicona llamada antocianidina. Las antocianinas poseen una estructura básica común, el catión flavilio la cual podemos observar en la Figura N° 01, que consiste en un núcleo de denzopirilio y un anillo fenolico. Los compuestos de antocianina modifican su color con los cambios de pH. Entre las principales antocianinas tenemos a la pelargonidina, cianidina, delfinidina, peonidina, etc. Las cuales se pueden sustituir en sus radicales R1, R2 estos se puede observar en el Cuadro N° 04 (Lock Sing, 1997).



**Fig. 01:** Núcleo básico de una antocianina Ref.: (Lock Sing, 1997)

La estructura química de las antocianinas se caracteriza por poseer dos anillos aromáticos, unidos por un puente de tres carbonos a los cuales pueden estar unidos a uno o más grupos hidroxilo, siendo esta la estructura básica de todo polifenol.

Lo que las caracteriza a las antocianinas es que poseen un oxígeno protonado; y que presenta uno o más grupos azúcar unidos al carbono 3 del anillo C.

La capacidad antioxidante tiene directa relación el número de grupos hidroxilos unidos a los carbonos de los anillos, entre mayor número de grupos  $-OH$  mayor capacidad antioxidante. (Lock Sing, 1997)

**Cuadro N° 04:** Sustituyentes de las antocianinas

Antocianidina	Sustitución*		$\lambda$ max (nm)**
	R1	R2	
			Espectro visible
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)
Peonidina	OCH3	H	506 (naranja-rojo)
Petunidina	OCH3	OH	508 (azul-rojo)
Malvinidina*	OCH3	OCH3	510 (azul-rojo)

Ref.: (Fenema y Owen R., 1993)\*, (Lock Sing, 1997)



Los estudios demostraron que a mayor grado de hidroxilación, decrece generalmente la estabilidad de la antocianina mientras que un incremento en el grado de metoxilación o de glicosilación tiene un efecto opuesto, los diglicosidos se encontraron que eran más estables que los monoglicosidos a la decoloración durante el almacenamiento, al tratamiento, al calor y la exposición a la luz. (Lock Sing, 1997)

## 2.8.2 Las principales antocianinas

Las estructura de las antocianinas que pertenecen al grupo del flavonoides los cuales son compuestos de polifenoles ya que poseen el esqueleto característicos  $C_6 C_3 C_6$  y el mismo de origen biosintético, pero difieren de en que absorben fuertemente en la región visible del espectro. (Lock Sing, 1997)

Las agliconas se llaman antocianidinas que normalmente son penta - (3,5,7,3',4') o hexa-sustituyentes (3,5,7,3',4',5'). Antocianidinas diferentes son conocidos, pero sólo seis de ellos son significantes y más comunes del punto de vista de alimentos. (Francis J., 1989)

Las antocianidinas más importantes son la pelargonidina, cianidina, peonidina, delphinidina, malvidina, y petunidina (Fig. 02). Estas agliconas difieren en el número de hidroxilo y metoxilo se agrupa en el anillo- B del catión del flavilio. (Francis J., 1989)

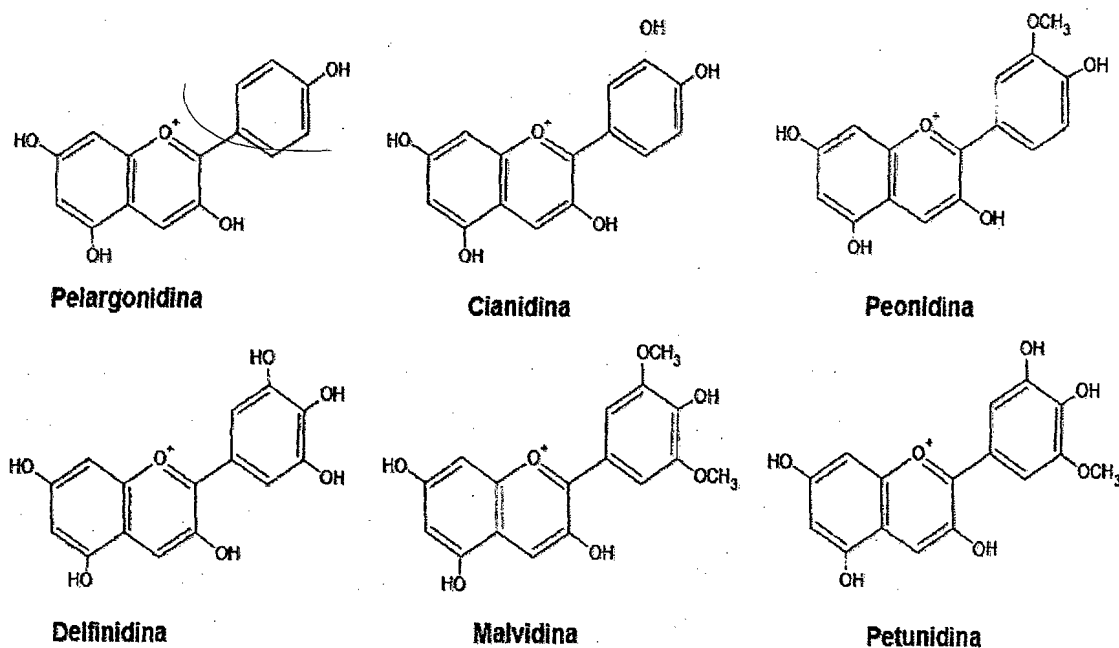


Fig. 02: Principales antocianidinas Ref.: (Francis J., 1989)

### 2.8.3 Contenido de antocianinas en algunas verduras y frutos

Entre los principales frutos y verduras los cuales contienen antocianinas en su estructura se puede observar en el Cuadro N° 05: en los diversos estudios por sus respectivos autores los cuales fueron investigados por (Giusti Y Wrolstad, 2001).

**Cuadro N° 05: Contenido de antocianinas en algunas frutas y verduras**

Frutos	Contenido de pigmento el (mg/100 g el peso fresco)	Referencia
Manzanas (Scugog)	10	Mazza y Miniati, 1993
Maíz morado	1640	(Cevallos-Casals and Cisneros-
Los arándanos	300-320	Mazza y Miniati, 1993
Las zarzas	83-326	Mazza y Miniati, 1993
Las pasas de Corinto	130-400	Timberlake, 1988
Los arándanos	25-495	Mazza y Miniati, 1993
La berza roja	25	Timberlake, 1988
El chokeberries negro	560	Kraemer-Schafhalter et al.
Las cerezas	4-450	Kraemer-Schafhalter et al.
Los arándanos agrios	60-200	Timberlake, 1988
La baya de saúco	450	Kraemer-Schafhalter et al.
Las uvas	6-600	Mazza y Miniati, 1993
El kiwi	100	Kraemer-Schafhalter et al.
Las cebollas rojas	7-21	Mazza y Miniati, 1993
La ciruela	2-25	Timberlake, 1988
Los rábanos rojos	11-60	Giusti et al., 1988
Las frambuesas negras	300-400	Timberlake, 1988
Las Frambuesas rojas	20-60	Mazza y Miniati, 1993
Las fresas	15-35	Timberlake, 1988
El pallida de Tradescantia (las	120	Shi et al., 1992

Ref.: (Giusti Y Wrolstad, 2001)

## 2.9 Factores que alteran la estabilidad de las antocianinas

### 2.9.1 Oxígeno

En presencia de oxígeno la máxima estabilidad térmica de las antocianidina-3-glicosido es a pH 1.8 a 2.0, mientras que para antocianidina-3,5-glicosidadas lo es a pH 4.0 - 5.0. (The flange P. y Timberlake, 1997). La presencia de oxígeno amplifica el impacto de otros procesos de degradación de antocianinas. El levantamiento de oxígeno protege contra la degradación termal. La presencia de oxígeno, junto con la temperatura



elevada, son las combinaciones más perjudiciales de muchos factores probados contra la deterioración colorida de jugos y néctares de las vallas de distintos tipos de antocianinas aisladas (Nebesky, 1949). La inestabilidad de las antocianinas las cuales son inducidas al Oxígeno son afectadas por el pH; mientras mayor sea el pH, mayor será la degradación de antocianinas en presencia de oxígeno (Markakis P., 1982). La Luz induce a la degradación de antocianinas es dependiente sobre el oxígeno molecular (Attoe y Von Elbe, 1981).

El efecto deletéreo de oxígeno en las antocianinas puede tomar lugar a través del mecanismo de la oxidación directa y/o a través de oxidación indirecta dónde los componentes oxidados de los medios de comunicación llevan más allá reaccionado con las antocianinas que da lugar a los productos descoloridos o castaños. (Jackman y Speers, 1987)

### **2.9.2 Presencia de oxígeno y ácido ascórbico**

La presencia de ácido ascórbico y oxígeno contribuye a la degradación y decoloración de las antocianinas. La pérdida de antocianinas ante la presencia de oxígeno depende del pH y se relaciona con la concentración presente de pseudo-base. La retención de color es mejorada cuando el oxígeno es removido por calentamiento, pueden ser por flujo de vacío o de nitrógeno (Lock Sing, 1997). La fortificación de la fruta y jugos de las ballas con el ácido ascórbico es un método común para proteger contra la oxidación y aumentar el valor nutritivo de un producto o alimento. Se piensa que el ácido ascórbico tiene varios papeles diferentes en la estabilidad colorida de las antocianinas. La descomposición de las antocianinas es acelerada por la presencia de ácido ascórbico (Meschter, 1953), (Starr MS y Francis FJ., 1974). El ácido Ascórbico Refuerza la formación de pigmento de polímero y blanquea las antocianinas pigmenta (Langston y Wrolstad, 1981), (Markakis P., 1982). La condensación Directa entre las antocianinas y el ácido ascórbico se ha postulado como un mecanismo para la degradación de las antocianinas (Langston y Wrolstad, 1981). También la formación de peróxido de hidrógeno de la oxidación ácida ascórbica puede influir en la estabilidad de las antocianinas (Talcott, 2003).

### 2.9.3 Cambio de pH

Las antocianinas frente a los cambios que suceden durante su extracción se alteran debido a diversos factores que alteran su estabilidad como el cambio de pH las antocianinas actúan como un indicador ácido base, debido a que el color está en función a la estructura en la que se encuentre, a pH bajos las antocianinas forman cationes o sales de flavilo (rojo) a medida que aumenta el pH forma la base quinoidal (anhidra) de color azul, en un medio el cual es alcalino, aparece el carbinol incoloro. En condiciones básicas fuertes (pH 7) se produce daño irreversible en el pigmento con la aparición de una charcona de color amarillo pálido la cual se puede observar en la Fig. 03.

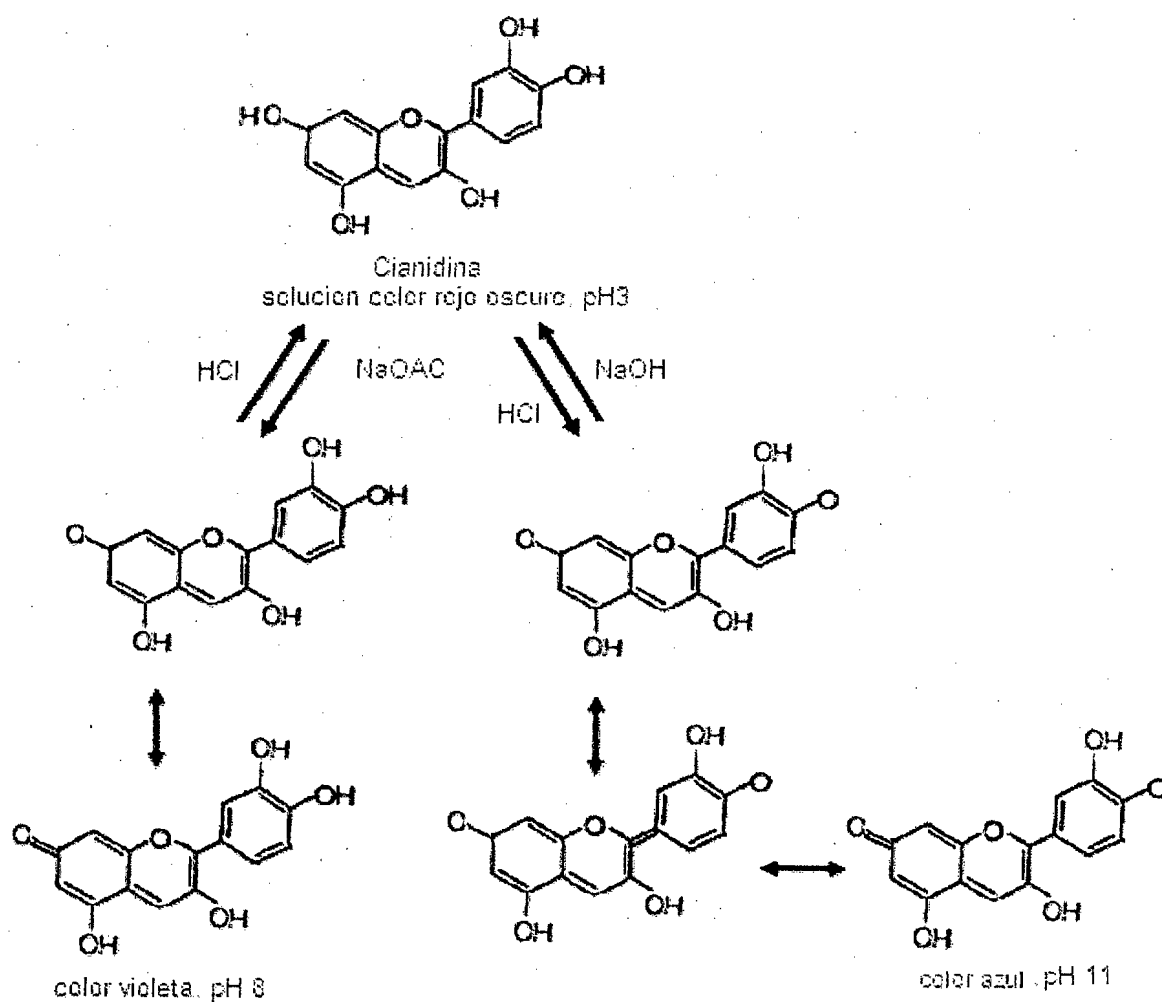


Fig. 03: La antocianina y sus cambios de coloración Ref.: (Lock Sing, 1997)

#### **2.9.4 Temperatura**

Según las investigaciones realizadas por (Kong J, et al. 2003) sobre el efecto que causa la temperatura a las antocianinas, se demostraron que afectan la estabilidad de las antocianinas ya que la temperatura degrada las antocianinas y destruye una gran parte de las estructuras de las antocianinas, se ha realizado muchos estudios sobre la estabilidad en los cuales no se logro resultados, también mostro que la congelación a temperatura de (-20°C) tiene efectos de degradación en las antocianinas pero en pequeñas cantidades generalmente las antocianinas son estables en temperaturas de ambiente

#### **2.9.5 Luz ultravioleta**

Es conocido que la radiación ultravioleta altera el metabolismo de los organismos vivos, causando la destrucción del DNA, inactiva las enzimas, destruye membranas y genera radicales libres. Según las investigaciones de (Talcott, 2003) en el caso de la luz ultravioleta las antocianinas son sensibles a la degradación exponencial de la luz ultravioleta, se pudo observar cuando se sujetó a la intensa luz de UV. Se pusieron extractos de antocianina a 30°C, luego se prosiguió a un ensayo el cual se rodearon por ocho lámparas de 40W con luz fluorescente. El análisis de HPLC mostró que las muestras expuestas entre 0 y 16 días, consiguieron una grande pérdida de antocianinas que ocurrió durante los primeros cuatro días. (Ballinger y Kushman, 1970).

#### **2.9.6 Exposición a radicales libres**

Algunas investigaciones de (Kong J, et al. 2003) indican que las antocianinas se degradan cuando son expuestas a los radicales libres esto se debe a que estos radicales libres tienden a oxidar y degradan las antocianinas. Se ha encontrado que la pectina y otras enzimas pueden causar una disminución en las antocianinas totales.

#### **2.9.7 Co-pigmentación**

La co-pigmentación intermolecular de las antocianinas es la formación de complejos con proteínas, taninos, y otros flavonoides como quercetina y rutina, con la finalidad de aumentar la estabilidad y el color de las antocianinas. (The flange y Timberlake, 1997)

La copigmentación es la interacción electrónica planar en los grupos cromóforos de las antocianinas. Los cambios producidos por el copigmento en la región visible del espectro del pigmento es correlacionada con la transformación de la antocianina en agua, estas formas se producen por el ataque nucleófilo del agua.

El ion flavilio es casi planar y muestra una descoloración electrónica, que se extiende por todo el grupo cromóforo, mientras que la forma hemiacetal tienen dos anillos aromáticos sin conjugar y un anillo central en el cual no es planar, porque tienen dos anillos aromáticos sin conjugar y un anillo central el cual no es planar, porque tienen un carbono tetraédrico, por lo tanto el ion flavilio es la única especie capaz de copigmentar, por su forma planar. La copigmentación provoca un efecto hipercromico. Debido a la baja estabilidad de la copigmentación, se requiere de grandes concentraciones de copigmentos. (Dangles, Saito y Brouillard, 1993)

La debilidad de la copigmentación es esencialmente de origen entropico de hecho, experimentos de variación de la temperatura en sistemas diferentes pigmento-copigmento, se encontró un cambio de entropía negativa por el equilibrio de la copigmentación. El pigmento y copigmento en su estado inicial son especies independientes, durante su asociación es sostenida fuertemente el complejo formando con una reducción simultáneamente de los grados de libertad, todo este proceso tienen a una oposición de copigmentación. (Dangles, Saito y Brouillard, 1993)

### 2.9.8 Los azúcares

Los azúcares están naturalmente presentes en las frutas y bayas, y durante la producción de alimentos procesados se agregan los azúcares en diferentes proporciones y en distintos frutos y bayas los cuales son procesado en jugos, mermeladas, néctares y confituras. Los azúcares, así como sus productos de degradación, se conocen para disminuir la estabilidad de las antocianinas (Meschter E., 1953), (Thakur B. y Arya SS., 1989). En un estudio por (Daravingas G. y Cain RF., 1968), todos los azúcares probados (la sacarosa, fructosa, glucosa, y xilosa) aumentó la degradación de antocianinas, mientras los azúcares se comportan todas de la misma manera. Los productos de degradación de azúcar típicos, los furfurales aceleran a las antocianinas pigmentan la deterioración más de forma prominente que el hidroximetilfurfural (Meschter E., 1953). Las reacciones de antocianinas con ambos productos

de degradación de azúcares y el ácido ascórbico, estos generan la formación de polímeros del pigmento castaños (Krifi B, et al., 2000).

## **2.10 Ubicación de las antocianinas en el tejido vegetal**

Las antocianinas son pigmentos confinados en las vacuolas de las células epidérmicas de las células de hojas, flores, frutos y tallos, que desarrollan coloración azul morado y/o rojiza de diferentes tonalidades (Salisbury F. y Ross C., 1994).

Las hojas de varias especies frecuentemente desarrollan una coloración rojiza durante su estado de crecimiento. La mayoría de las plantas producen antocianinas, usualmente glucósidos-cianidina. Algunas especies producen antocianinas durante sus estados de desarrollo temprano, durante la senescencia o en ambos. En la epidermis inferior de hojas maduras y en el mesófilo de empalizada, se acumulan antocianinas como protección de la UV-B (Lee W., 1997).

En las plantas las antocianinas aparecen transitoriamente dentro de estados específicos del desarrollo, los cuales son inducidos por varios factores ambientales como la luz UV, bajas temperaturas y estrés por el agua. La producción y localización de las antocianinas en raíces, tallos, granos, hojas, frutos, etc. los cuales ofrecen una resistencia al estrés ambiental (Lee W., 1997).

## **2.11 Origen de las antocianinas**

Según las investigaciones de (Taiz y Zeiger, 1991) los pigmentos antocianos acumulados en las plantas aparecen transitoriamente dentro de un estado de desarrollo específico y pueden ser inducidos por una gran variedad de factores ambientales como las bajas temperaturas, el estrés por agua y la radiación UV-B.

Numerosos factores ambientales tales como las condiciones de agua, temperatura, viento, infecciones y el más importante de todos: la luz, se expresan en la activación de diferentes enzimas involucradas en la biosíntesis de antocianinas (Gross J., 1987). Otros factores, como la contaminación atmosférica, el etileno (Davies D., 1987) y la aplicación de herbicidas (Ahston F. y Crafts A.S., 1981) también ocasionan la acumulación de antocianinas en el follaje de las plantas.



En investigaciones de parámetros morfológicos de las plantas se ha observado que estas se ven afectadas por radiación UV-B, pero un estudio realizado con cinco especies de plantas permitió comprobar que al exponer a la luz ultravioleta, estas incrementan en sus hojas compuestos de absorción de luz UV-B (Searles et al., 1995).

Las antocianinas son sensibles al cambio de pH y al cambio de concentración de nutrientes en el suelo (Julien D., 2000).

Las antocianinas como la pelargonidina, delfinidina y cianidina difieren en el número de hidroxilos que poseen en los anillo B y presentan carácter iónico por lo que su coloración puede variar con el pH. Así, en solución ácida el color varía del naranja al rojo (pelargonidina), al morado (Cianidina) o al púrpura (Delfinidina); si se va el pH sobre 7 la solución se decolora y forman bases anhídras de color azul. En condiciones de pH básico, se presenta una ionización irreversible de los grupos fenólicos e hidroxilos (Harborne J., 1967).

Con respecto a efectos nutricionales es obvio que la síntesis de antocianinas requiere de la presencia de azúcares libres, se ha encontrado que el azúcar tiene un efecto en cuanto a la acumulación de antocianinas (Gross J., 1987).

En algunas investigaciones, se ha encontrado que el nitrógeno está asociado con la disminución en el contenido de antocianinas en algunas frutas. El nitrógeno que se sintetiza en sustancias como aminoácidos y proteínas, interfiere con la biosíntesis de azúcares y antocianinas (Gross J., 1987). De la misma forma, los pigmentos antocianos suelen acumularse en plantas que presentan deficiencias nutricionales de nitrógeno, fósforo o azufre (Taiz y Zeiger, 1991).

## **2.12 Biosíntesis de las antocianinas**

Los compuestos fenólicos son sintetizados por varias rutas, sobre salen dos las del ácido shikímico y la del ácido malónico. En la ruta del ácido shikímico se convierten carbohidratos simples derivados de la glicólisis, de la ruta de las pentosas fosfato y el ciclo de Calvin en diversos ácidos orgánicos como el cinámico, p-coumarico, cafeico, ferulico, clorogénico y fenilalanina.

En el paso pivotal de la biosíntesis de flavonoides, ordinalmente el p-coumaril-Coa, derivado de la fenilalanina en el “metabolismo general del fenilpropanoide” entra



en una reacción de condensación con tres moléculas de malonil-CoA para formar una chalcona (C<sub>15</sub>) intermediario, la tetrahidroxichalcona, la siguiente es conocida como “metabolismo flavonoidal” el C<sub>15</sub> es formado para dar el actual precursor para la formación de antocianinas, i en el flavon-3, 4-cis-diol, que es transformado en catión flavilio antocianidina por una hidroxilación en el C-2 seguida por dos deshidrataciones (Macheix, et al., 1990) la cual se muestra en la Fig. 04, finalmente la molécula es estabilizada por glucosilación del O-heterociclo, además hay una modificación de la antocianina la cual incluye una hidroxilación adicional, metilación de los grupos hidroxilos, seguida de una acilación y glucosilación (Macheix, et al., 1990).

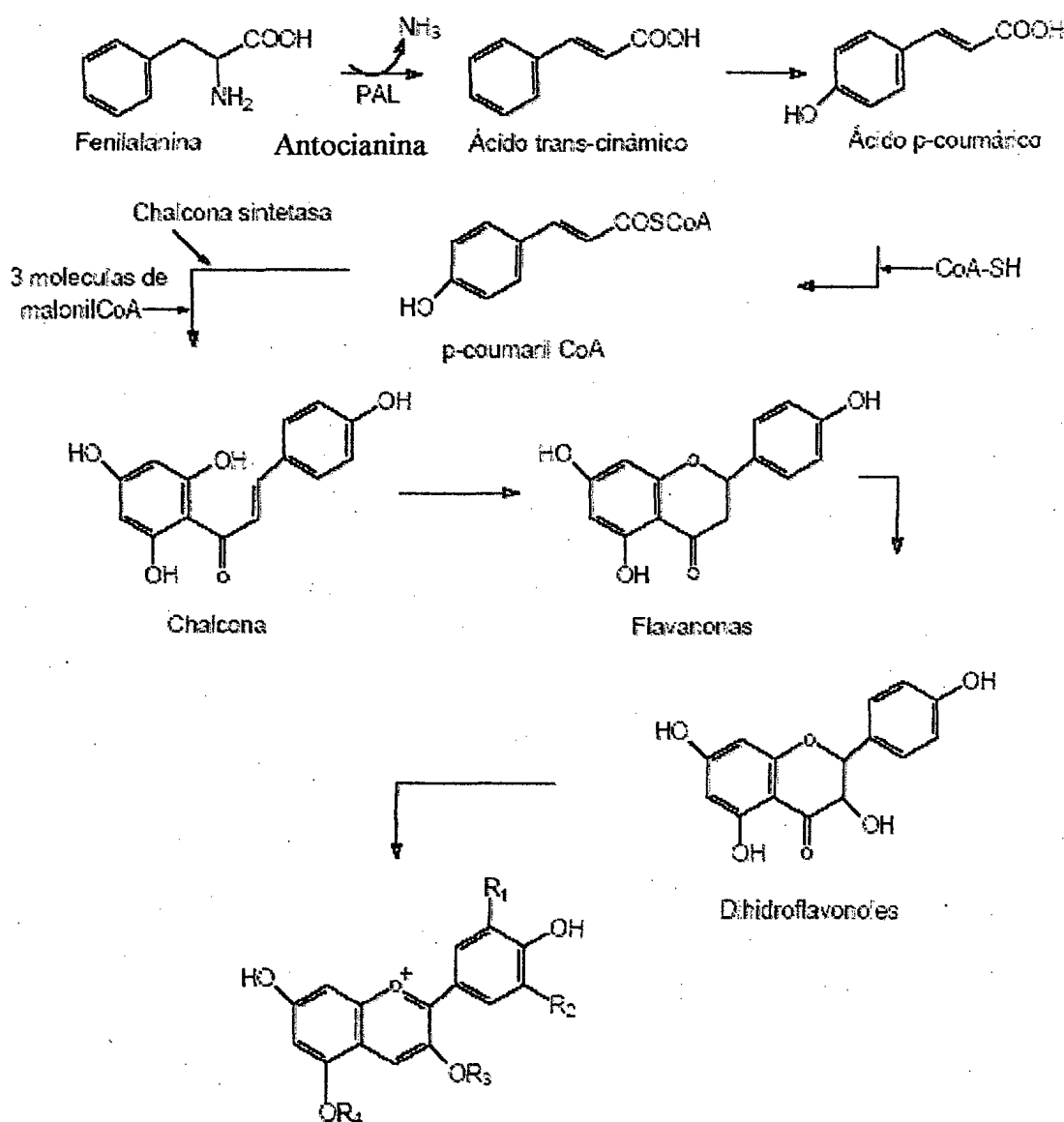


Fig. 04: Ruta general de las antocianinas Ref.: (Macheix, et al., 1990)

## 2.13 Identificación de las antocianinas

La identificación de las antocianinas se realiza mediante sus valores de refracción y sus propiedades de absorción en la región visible. Las antocianinas simples se determinan en solución acida (0.1 % HCl (ácido clorhídrico) en OH (alcohol)), tienen dos máximos de absorción principales, uno en la región visible entre 465 y 550 nm y otro más pequeño en el UV, al rededor de los 275 nm es también útil determinar la relación de absorción a 440 nm a la absorción máxima entre 500-540 nm, dentro de las investigaciones realizadas durante décadas se puede observar los reportes en el Cuadro N° 06. Las antocianinas asiladas exhiben una absorción débil adicional entre 310 y 335 nm, rango en el que puede determinarse el tipo de acilación aromática involucrada.

La adición de solución alcohólica al 5% de tricloruro de aluminio produce un desplazamiento batocromico del máximo en el rango visible de 515 a 535 nm, cuando hay presencia de grupos o-dihidroxiolo libre. (The flange y Timberlake, 1997)

**Cuadro N° 06: Reporte del coeficiente de extinción molar de las antocianinas**

Antocianina	Sistema del solvente	$\lambda$ vis-max (nm)	Coefficiente de extinción molar (E)	Referencia
Cianidina (Cyd)				
Cyd *	0.1% HCl in etanol	510.5	24600	Schou, 1927
	0.1% HCl in etanol	547	34700	Ribereau-Gayon, 1959
Cyd-3-ara *	15:85 0.1 N HCl/ethanol	538	44400	Zapsalis and Francis, 1965
	15:85 0.1 N HCl/ethanol	535	44460	Fuleki and Francis, 1968a
Cyd-3,5-diglu	0.1 N HCl	520	30175	Niketic-Aleksic and Hrazdina, 1972
	Methanolic HCl	508.5	35000	Brouillard and El Hache Chahine, 1980
Cyd-3-gal	0.1% HCl in metanol	530	34300	Siegelman and Hendricks, 1958
	15:85 0.1 N HCl/ethanol	535	44900	Sakamura and Francis, 1961
	15:85 0.1 N HCl/ethanol	535	46200	Zapsalis and Francis, 1965
	15:85 0.1 N HCl/ethanol	535	46230	Fuleki and Francis, 1968a
Cyd-3-glu	buffer, pH 1	510	26900	Jurd and Asen, 1966
	0.1 N HCl	520	25740	McClure, 1967
	1% HCl in metanol	530	34300	Siegelman and Hendricks, 1958
	10% ethanol, pH 1.5	512	18800	Heredia et al., 1998
Cyd-3-soph-5-glu	Methanolic HCl	524	37150	Hrazdina et al., 1977
Cyd-3-soph-5-glu	malonic Methanolic HCl	528	32360	Hrazdina et al., 1977
Cyd-3-soph-5-glu	sinapic Methanolic HCl	528	37150	Hrazdina et al., 1977
Cyd-3-soph-5-glu	di-sinapic Methanolic HCl	530	38020	Hrazdina et al., 1977
Cyd-3-soph-5-	ferulic Methanolic HCl	528	32360	Hrazdina et al., 1977



glu				
Cyd-3-soph-5-glu	di-ferulic Methanolic HCl	530	34670	Hrazdina et al., 1977
Cyd-3-soph-5-glu	p-coumaric Methanolic HCl	526	38020	Hrazdina et al., 1977
Delpinidina (Dpd)				
Dpd *	0.1% HCl in etanol	522.5	34700	Schou, 1927
Dpd-3-glu	1% HCl in metanol	543	29000	Asen et al., 1959
	0% ethanol, pH 1.5	520	23700	Heredia et al., 1998
		520	37200	Schou, 1927
Malvidin (Mvd)		557	36200	Ribereau-Gayon, 1959
Mvd	0.1% HCl in etanol	519	10 700	Schou, 1927
	0.1% HCl in etanol	545	10300	Ribereau-Gayon, 1959
	0.1% HCl in etanol	546	13900	Somers, 1966
	0.1 N HCl	538	29500	Koeppen and Basson, 1966
Mvd-3-glu	0.1% HCl in metanol	520	28000	Niketic-Aleksic and Hrazdina, 1972
	0.1% HCl in metanol	535	36400	Metivier et al., 1980
	0.1 N HCl	520	20200	Heredia et al., 1998
Mvd-3-glu + p-coum	0.1% HCl in metanol	504.5	18420	Giusti et al., 1999
		505	19780	Giusti et al., 1999
Pelargonidina (Pg)				
Pg 0. *	1% HCl in etanol	524	17800	Swain, 1965
	0.025 M potassium chloride buffer, pH 1.0	510	32360	Jorgensen and Geissman, 1955
	0.1% HCl in metanol	496	27300	Swain, 1965
Pg-3,5-diglu	HCl in metanol	513	22390	Swain, 1965
	1% HCl	516	31620	Giusti et al., 1999
	1% HCl in etanol	496	15600	Giusti et al., 1999
	0.025 M potassium chloride buffer, pH 1.0	508	17330	Giusti et al., 1999
Peonidina (Pnd)				
Pnd *	0.1% HCl in etanol	511	37200	Schou, 1927
	15:85 0.1 N HCl/ethanol	532	40800	Sakamura and Francis, 1961
Pnd-3-ara	15:85 0.1 N HCl/ethanol	532	46100	Zapsalis and Francis, 1965
	15:85 0.1 N HCl/ethanol	532	46070	Fuleki and Francis, 1968a
Pnd-3,5-diglu *	0.1 N HCl	520	36654	Niketic-Aleksic and Hrazdina, 1972
Pnd-3-gal	15:85 0.1 N HCl/ethanol	532	48400	Sakamura and Francis, 1961
	15:85 0.1 N HCl/ethanol	532	48400	Zapsalis and Francis, 1965
Pnd-3-glu	0.1% HCl in methanol	536	11300	Somers, 1966
	10% ethanol, pH 1.5	512	14100	Heredia et al., 1998
Petunidina (Ptd)				
Ptd-3,5-diglu *	0.1 N HCl	520	33040	Niketic-Aleksic and Hrazdina, 1972
	HCl in metanol	535	23440	Swain, 1965
Ptd-3-glu	0.1% HCl in metanol	546	12900	Somers, 1966
	10% ethanol, pH 1.5	520	18900	Heredia et al., 1998

Ref.: (Fuleki T. Francis F., 1968), (Giusti y Wrolstad, 2001)\*



### 2.13.1 Antocianinas del maíz morado

Entre las principales antocianinas que se pueden identificar mediante métodos espectrofotométricos de UV visible se tiene los siguientes tipos de antocianinas con sus respectivas absorbancias 1: cianidina-3-glucosido (535 nm)<sup>\*</sup>, 2: pelargonidina-3-glucosido (496 nm)<sup>\*\*</sup>, 3: peonidina-3-glucosido (536nm)<sup>\*</sup>, 4: cianidina-3-(6''-malonylglucosido) (512 nm)<sup>\*</sup>, 5: pelargonidina-3- (6''-malonylglucosido) (504.5 nm)<sup>\*\*</sup>, 6: peonidina-3- (6''-malonylglucosido) (535 nm) <sup>\*</sup>.(Fuleki T. Francis F., 1968)<sup>\*</sup>,

En otras investigaciones realizadas al maíz morado para estimar los tipos de antocianinas que poseen se observo lo siguiente. La proporción de antocianinas en las semillas del maíz morado, de las cuales se extrajeron antocianinas de varias muestras y analizaron por el método de HPLC. Los derivados de la cianidina predominaron en la semilla de maíz de morado (alrededor de 70%) como mostrado en el Cuadro N° 07, la cantidad pequeña derivada de la pelargonidina y derivado de la peonidina fue descubierta. Se informaron Antocianinas en las flores y hojas para estas, más del 90% derivado de la cianidina (Fossen et. al., 2001). Se observó un poco la diferencia entre la proporción de antocianinas en la semilla que en las flores y hojas.

**Cuadro N° 07: La relación cuantitativa del contenido de antocianinas en la semilla de maíz morado**

Orden de Compuestos	Compuesto	Contenido en mg/ gr de muestra
PCA-1	Cy3-Glc	44.2±6.0
PCA-2	Pg3-Glc	4.9±0.9
PCA-3	Pn3-Glc	11.5±4.3
PCA-4	malonyl Cy3-Glc	2.5±0.9
PCA-5	Cy-3-(6-Mal-Glc)	23.2±4.5
PCA-6	Pg-3-(6Mal-Glc)	4.3±1.0
PCA-7	Pn-3-(6-Mal-Glc)	6.0±1.2
PCA-8	dimalonyl Cy-3-Glc	3.3±1.7
	Derivados de la Cianidina	73.3 ±4.7
	Derivados de la Pelargonidina	9.3±0.7
	Derivados de la Peonidina	17.5±5.1

Ref.: (Aoki H, et al., 2002)



La cromatografía de HPLC, la cual es típica para las antocianinas a los 515 nm en extracto crudo de maíz morado la cual se puede observar en la Fig. N° 06 se pudo encontrar 1 y ocho antocianinas a las cuales se les nombro de PCA-1 a 8 en orden de lectura. Se resumen Los resultados de análisis de HPLC para las antocianinas del maíz morado los cuales se observan en el Cuadro N° 07. El ion del fragmento alcanza el máximo, mientras correspondiendo a tres antocianinas, la cianidina a m/z 287, se descubrieron pelargonidina a m/z 271 y peonidina a m/z 301. El análisis de [las crestas de M]<sup>+</sup> indicaron la presencia de malonic la mitad ácida en PCA-4 ~ 8.

En este estudio, seis antocianinas de maíz morado (PCA-1, 2, 3, 5, 6, y 7) se aislaron del extracto de maíz morado se utilizo una resina absorbente, HSCCC y se preparo el HPLC. Las estructuras completas de las antocianinas aisladas fueron establecidas por <sup>1</sup>H - y <sup>13</sup>C-NMR análisis que usan las técnicas de HMBC los cuales se pueden observar en la Fig. N° 08 (Aoki H, et al., 2002).

**Cuadro N° 08: Datos MS espectrales de las antocianinas del maíz morado**

Compuesto	m/z	
PCA-1	449.0[Cy+Glc] +	287.0[Cy] +
PCA-2	433.0[Pg+Glc] +	271.0[Pg] +
PCA-3	463.1[Pn+Glc] +	301.1[Pn] +
PCA-4	535.0[Cy+Glc+Mal] +	287.0[Cy] +
PCA-5	535.1[Cy+Glc+Mal] +	287.0[Cy] +
PCA-6	519.1[Pg+Glc+Mal] +	271.0[Pg] +
PCA-7	549.1[Pn+Glc+Mal] +	301.0[Pn] +
PCA-8	621.1[Cy+Glc+2Mal] +	287.1[Cy] +

**Ref.: (Hiromitsu Aoki, et al., 2001)**

Se muestran las estructuras de los PCAs estimadas en base a los medios espectrales en la Fig. 06. se identificaron Seis antocianinas encontrados en la semillas del maíz morado como cianidina 3-O -  $\beta$ -D-glucósido (PCA-1), pelargonidina 3-O -  $\beta$ -D-glucósido (PCA-2), peonidina 3-O -  $\beta$ -D-glucósido (PCA-3), cianidina 3-O -  $\beta$ -D-(6-malonyl-glucosido) (PCA-5), pelargonidina 3-O -  $\beta$ -D-(6-malonyl-glucosido) (PCA-6) y peonidina 3-O -  $\beta$ -D-(6-malonyl-glucosido) (PCA-7), respectivamente. De gran interés la pelargonidina 3-O es -  $\beta$ -D-(6-malonyl-glucosido), este pigmento se encuentra por primera vez en el maíz morado. (Aoki H, et al., 2002)



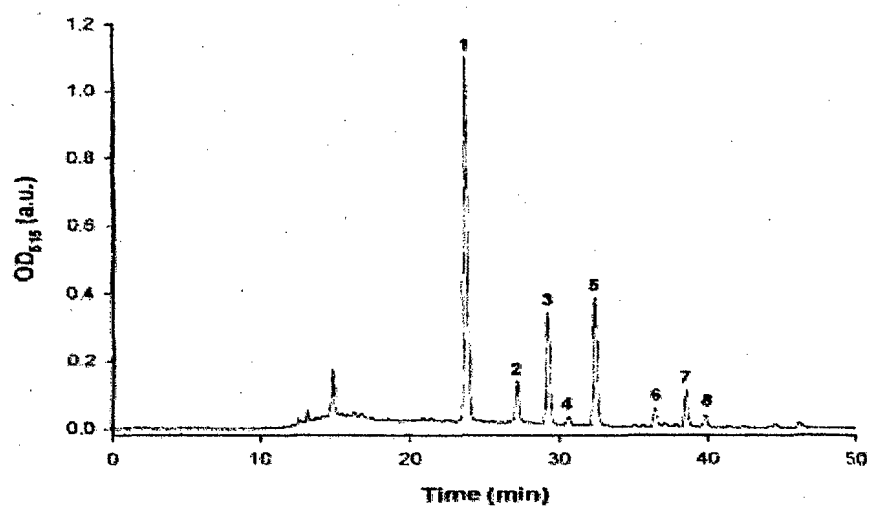


Fig. N° 05.: Cromatografía de HPLC de extracto de maíz morado Ref.: (Aoki H, et al., 2002)

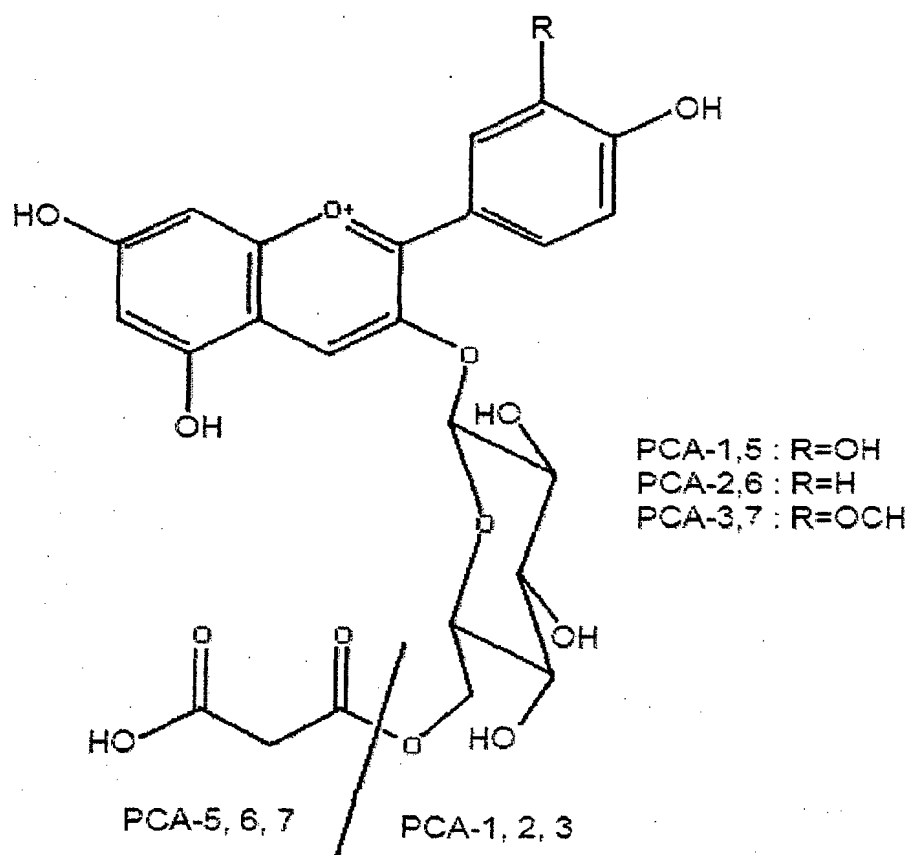


Fig. 06.: Estructura de las antocianinas del maíz morado Ref.: (Aoki H, et al., 2002)



## 2.14 Espectrofotometría

Para la evaluación del contenido de antocianinas un método el cual es utilizado es la espectrofotometría sabemos que desde Newton, que la luz blanca se descompone en los colores que la integran si la hacemos pasar a través de un prisma. Es el efecto que se repite, por ejemplo en el arco iris, el cual se dice es el espectro de la luz visible procedente del sol, son las gotas de lluvia y el aire atmosférico lo que hacen de espectroscopio. La principal emisión de radiación de los cuerpos es la radiación electromagnética en forma de luz visible, de la misma manera cada elemento químico absorbe y emite luz de colores que componen su espectro (Pasotti S., 2006).

## 2.15 La ley de bourguer-lambert y beer

La ley de Bourguer, Lambert y Beer, a través de sus observaciones establecieron relaciones de la variación de la intensidad de luz transmitida por una muestra con el espesor de ella o con la concentración de la sustancia, para materiales translúcidos. Estas relaciones se conocen como la ley de Bourguer-Lambert-Beer o ley general de la espectrofotometría que permite hallar la concentración de una especie química a partir de la medida de la intensidad de luz absorbida por la muestra. Esta ley se puede expresar en términos de potencia de luz o de intensidad de luz, asumiendo luz monocromática, como se puede observar en la Fig. 07 (Pasotti S., 2006).

$$I_t / I_0 = 10^{-e bc} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

$I_t$ , es la intensidad de la luz transmitida por la muestra.

$I_0$ , es la intensidad de la luz que incide sobre la muestra y que proviene de la refracción

$e$ , es el coeficiente de absortividad molar en unidades de  $M^{-1} \cdot cm^{-1}$

$b$ , es la longitud de la trayectoria del haz de luz a través de la muestra o el espesor de la celda en cm o lo que se conoce como paso óptico (Pasotti S., 2006).

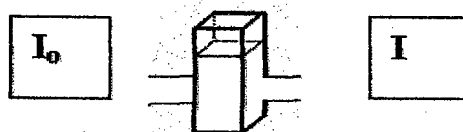


Fig. 07: Relaciones de transmitancia



La relación  $I_t / I_0$  se conoce como transmitancia, T, y es la medida primaria que se realiza en los instrumentos para medir la absorción de luz por parte de una muestra. Si la relación se expresa en forma porcentual, entonces se llama porcentaje de transmitancia en la formula N° 02.

$$\% T = 100 \cdot I_t / I_0, \dots\dots\dots(2)$$

La luz absorbida sería  $I_0 - I_t$ , es decir, la diferencia entre la intensidad de la luz incidente y la intensidad transmitida después de pasar a través de la muestra. A veces se expresa en forma porcentual, en función de la transmitancia medida como:

$$\text{Porcentaje de absorción} = (T_{\text{blanco}} - T_{\text{muestra}}) \times 100 \text{ o absorbancia.}$$

Cuando se toma el logaritmo decimal negativo de la relación  $I_t / I_0$ , entonces:

$$-\log I_t / I_0 = -\log T \quad \text{ó} \quad \log I_0 / I_t = \log I_0 - \log I_t \dots\dots\dots(3)$$

La relación que representa *la cantidad de luz absorbida por la muestra* es  $-\log I_t / I_0 = -\log T$ , y recibe el nombre de *Absorbancia*, y se designa con la letra A. La ley de Bourguer-Lambert-Beer se puede entonces escribir de las siguientes formas:

$$I_t / I_0 = 10^{-e \cdot b \cdot c} : -\log T = e \cdot b \cdot c = -\log T = A = e \cdot b \cdot c \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

C, es la concentración del soluto en moles / litro de solución.

e, es una constante denominada coeficiente de absortividad molar cuyas unidades son:  $\text{cm}^{-1} \text{ litro} / \text{mol}$ .

b, es la longitud de la trayectoria en cm.

Se llega, entonces, a que la absorbancia es adimensional y que el coeficiente de absortividad molar “e” es función de la longitud de onda, del índice de refracción de la solución y es característico de cada sistema soluto-solvente. Es una propiedad intensiva, que no depende de la concentración de la sustancia y representa la absorción de luz por parte de un mol de soluto para una longitud de onda dada, Si no se conoce el peso molecular de la sustancia la ley de Beer se puede expresar como:  $A = a \cdot b \cdot c$  “a” se



denomina coeficiente de absorptividad y sus unidades dependen de las unidades de concentración utilizadas, que pueden estar en g/L o g/100mL. (Pasotti S., 2006).

## 2.16 Método del pH diferencial para antocianinas totales

Este método es descrito originalmente en el año de 1957 por Francis y posteriormente por (Servadio, 1963) luego de otras investigaciones realizadas en el año de 1968 los investigadores (Fuleki, T Y Francis, F). Modificaron el método de pH diferencial por el métodos descrito a continuación.

Se diluyen las Muestras con el baffle de pH 1.0 y 4.5 una vez diluidas se mide las absorbancias a las longitudes de ondas de 520 nm y 700 nm, se realiza una diferencia entre las absorbancias de los pH 1.0 y 4.5, las soluciones de los pH 1.0 y 4.5 dará una variación de color esto debido a la existencia de antocianinas monomericas, las antocianinas al ser sometidas a pH 1.0 son convertidas en cationes o sales de flavilo de color (rojo), y al ser sometidas a pH 4.5 forma la base quinoidal (anhidra) de color azulada.

Las antocianinas polimerizadas pigmentan mientras que las antocianinas monomerizadas broncean los pigmentos no exhiben la conducta reversible con el pH, y se excluye así del cálculo de la absorbancia con la (Formula. N° 06) (Fuleki T. Y Francis F., 1968).

$$A = (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH 1.0}} - (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH 4.5}} \dots \dots \dots (5)$$

$$\left[ \frac{\text{mg}}{100 \text{ g muestra}} \right] = \frac{A \times PM \times FD \times 10^3}{(\epsilon \times l)} \dots \dots \dots (6)$$

**Donde:**

A : Absorbancia

PM : Peso molecular

FD : Factor de dilución establecido previamente

l : Espesor de la celda del espectrofotómetro UV visible (1 cm)

E : Coeficiente de extinción molar en L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> para la cianidina-3-glucosido.

10<sup>3</sup> : conversión de g a mg.



De acuerdo a las investigaciones realizadas por (Francis, F., 1954) el contenido de antocianinas es calculado con el peso molecular y el coeficiente de extinción molar de la antocianina que existe en mayor cantidad y se encuentra en la matriz de la muestra principal componente.

La diferenciación de las estructuras de las antocianinas las cuales son sometidas a pH 1.0 y 4.5 se puede observar en el siguiente Fig. N° 08 (Wrolstad Ronald E., et al. 2005)

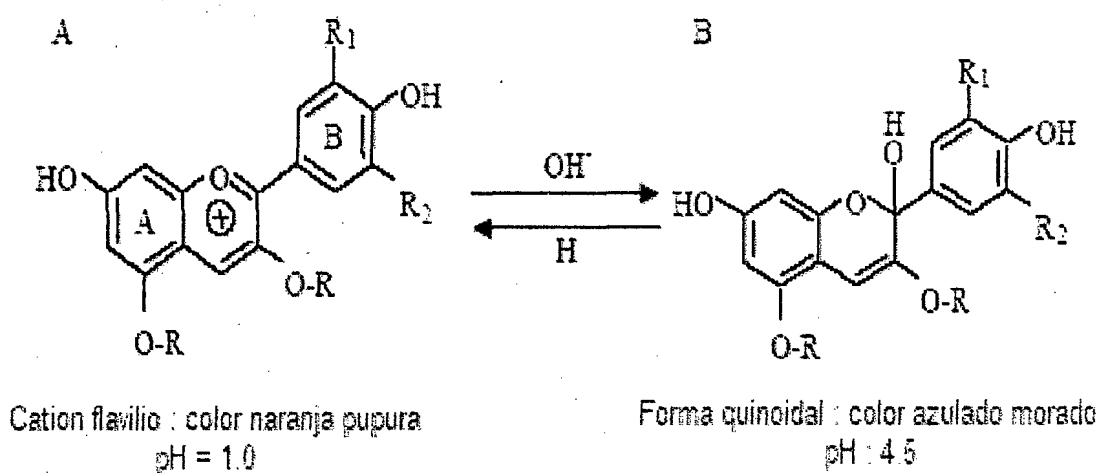
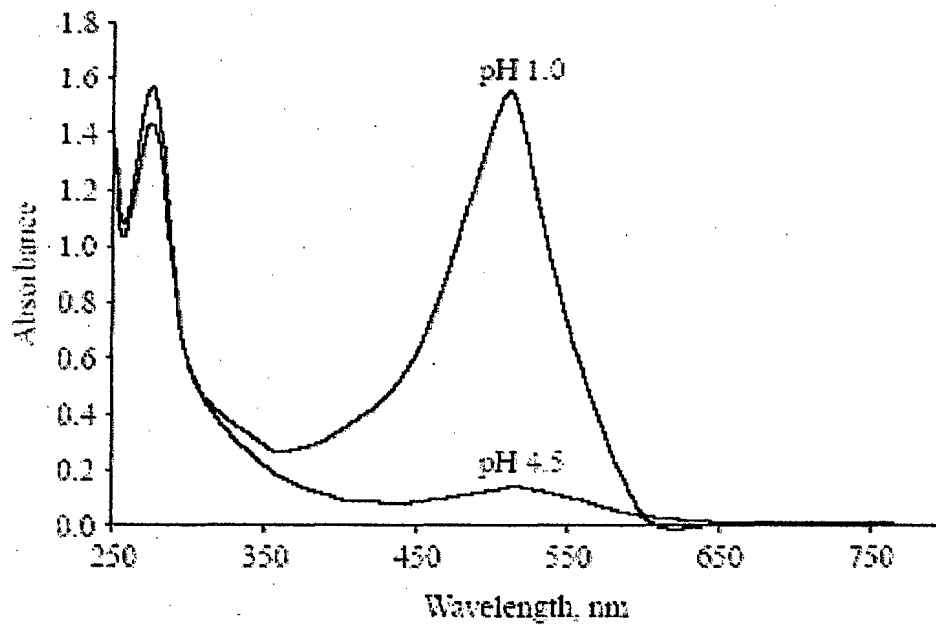


Fig. N° 08: La estructura del catión flavilio A, y la estructura del forma quinoidal en B y sus sustituyentes en R=H en sustituyentes glicosidicos Ref.: (Wrolstad Ronald E., et al. 2005).

Según (Wrolstad Ronald E., et al. 2005) Mediante el método de espectrofotometría UV visible se observa la variación de las longitudes de ondas de las antocianinas las cuales son sometidas a pH 1.0 y a pH 4.5 los cuales fueron evaluados con un rango de 0.3 a 1.33 de los pH originales de los cuales se puede observar la degradación de las antocianinas a pH 4.5 en la cual se degradan otros compuestos intervinientes los cuales aparecen en el proceso de extracción de las antocianinas, mientras que a pH 1.0 las antocianinas tienden a concentrarse en sales de flavilio y predominan, es de esta manera que se puede observar mediante la diferenciación de pH en la Fig. N° 09

Fig. N° 09: Espectros de antocianina en UV visible en baffle de pH 1.0 y pH 4.5.



Ref.: (Wrolstad Ronald E., et al. 2005)

## CAPITULO III

### PARTE EXPERIMENTAL

#### 3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación fue realizado en el laboratorio de química de la carrera profesional de ingeniería agroindustrial y en laboratorio de parasitología de la carrera de medicina veterinaria de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

#### 3.2. Materia prima

Las materias primas que se emplearon en la presente investigación fue el marlo y grano del maíz morado (*Zea mays Ligneo.*) de las variedades Canteño, Omas, Arequipeño, PVM-581, los cuales provienen del proyecto de “Inserción del maíz morado como cultivo competitivo en la provincia de Abancay” en el sector de Quitasol que se encuentra a una longitud de 84.90°, latitud 72.46° y una altitud de 2307 msnm. El sector de Huanipaca (Tambobamba) se encuentra a una longitud de 85.07°, latitud 71.18° y una altitud de 2378 msnm. El sector de Circa (Antabamba) se encuentra a una longitud de 84.638°, latitud 71.59° y una altitud de 2512 msnm las características de los pisos ecológicos se observan en el ANEXO N° 10.

#### 3.3 Materiales, equipos y reactivos

##### 3.3.1 Materiales

- Desecador
- Matraz kitasato de 250 ml
- Matras
- Olla
- Mechero
- Vernier
- Tamiz # 2
- Gradilla
- Vasos de precipitado
- Envases herméticos de vidrio
- Probetas de (500, 250 y 100 ml)
- Embudo de Buchener
- Placas petri
- Pinzas
- Pipetas (10, 5 y 1ml)
- Fiolas
- Embudos
- Fiola de 200 ml

- Termómetro de 0 a 100 C°
- Tubo de ensayo
- Bagueta
- Bombilla de succión
- Cronometro
- Regla de 30 cm
- Papel tisú
- Papel filtro
- Papel aluminio
- Bolsas ziploc

### 3.3.2 Equipos

- Molino de martillo marca NOGUEIRA de procedencia Brasileira modelo DPM4.
- Estufa marca MENMERT Aleman Wester Germant
- Ph metro marca SCHOTT modelo HANDYLAB pH11 con resolución 0.005 en condiciones de 15 a 35 C°.
- Bomba de vacío marca HERMAN de procedencia ALEMANA de capacidad de 12 PSI.
- Balanza analítica de marca ADVENTURER modelo OHAAS-TM de sensibilidad de 0.0001 gr. con una capacidad máxima de 210 gr.
- Balanza digital de marca ACU modelo JR de sensibilidad de 0.01 gr. Con una capacidad de 3000 gr.
- Balanza digital de plataforma de marca HANMAR modelo N15 de sensibilidad de 0.5 gr. Con una capacidad de 15kg.
- Espectrofotómetro UV visible de marca JENWAY modelo 6405 de procedencia Inglesa con un margen de error de 0.2 nm.
- Cámara de congelación marca FRIOLUX de procedencia China.

### 3.3.3 Reactivos

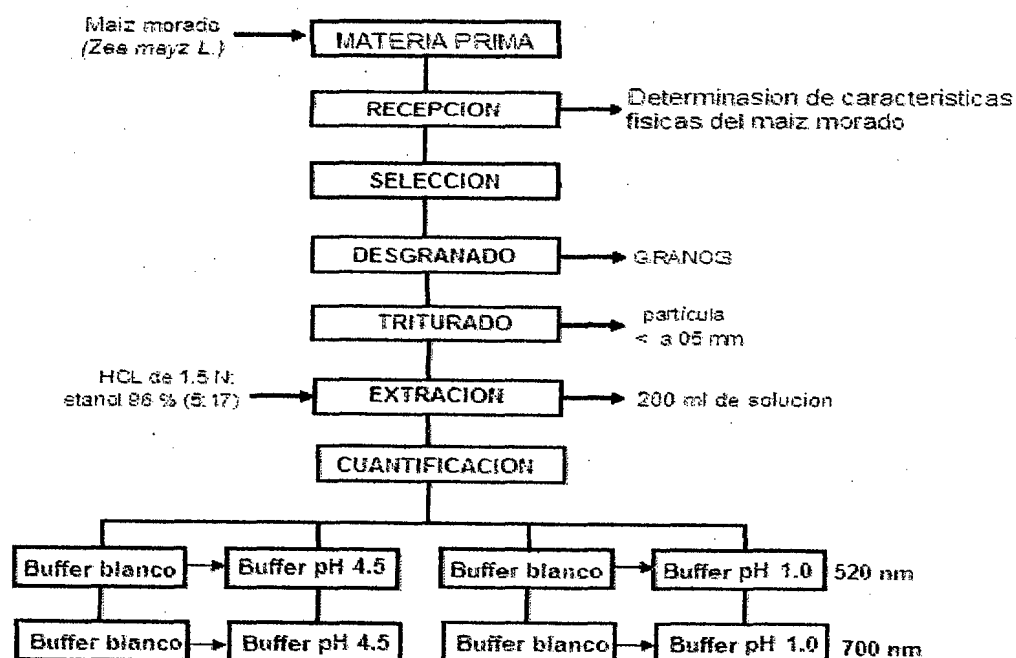
- Agua destilada
- Etanol de 99.99 %
- Acetato de sodio
- Cloruro de potasio
- Acido clorhídrico 37.5 %
- Acido cítrico

### 3.4 Metodología

En el presente trabajo de investigación se extrae el pigmento del maíz morado de las 4 variedades (CANTEÑO, OMAS, AREQUIPEÑO Y PVM-581) de los 3 pisos ecológicos de los cuales se determinara mediante método de espectrofotometría, en la cual se realizo un tratamiento previo al marlo en el cual se trituraron y homogenizaron las muestras de marlo por variedades y piso ecológico luego se extrajo las antocianinas del maíz morado (*Zea mayz L.*) mediante solución acida la cual esta conformada de acido clorhídrico al 1.5 N y alcohol de 96% en la proporción de (5:17), las muestras se sometieron a un tratamiento para ser cuantificadas mediante el método de espectro UV visible para obtener las concentraciones de las distintas muestras de maíz morado y poder determinar las condiciones en las cuales el maíz morado se desarrolla mayor concentración de antocianinas.

La metodología a utilizar en el presente trabajo de investigación se desarrolla en función al proceso de extracción de maíz morado (*Zea mayz L.*), El cual se describe a continuación en el Grafico N° 01.

Grafico N° 01: Proceso para la extracción y determinación del contenido de antocianinas del maíz morado (*Zea mays L.*)



Cabe señalar que algunas de las etapas se realizaron ensayos con la finalidad de optimizar los análisis y estandarizar el método de extracción y cuantificación los cuales se detallan a continuación.



- A. Materia prima:** En la cosecha se tomaron las muestras de cada variedad la cual será la materia prima, en la proporción de 5 kilogramos por cada variedad, esta cantidad es la necesaria para poder realizar las pruebas y análisis respectivos con sus repeticiones, las muestras fueron tomadas en bolsas de sierre hermético se rotulo y codifico por sector.
- B. Recepción:** Se recepción el maíz morado verificando su buen estado y se procedió a realizar el pesado de los marlos con una balanza, la toma de medidas de los marlos se realiza con un vernier y un par de escuadras se realiza el conteo de granos, diámetro de marlo, conteo de hileras por marlo y largo de marlo
- C. Selección:** En la selección se retira los marlos defectuosos, se elimina vellosidades, restos de panca, polvillos, marlos con defectos por hongos y mohos, se tomaron las muestras y con un trapo seco se limpio de la superficie del marlo los restos de polvillo y de las hendiduras de los granos y del marlo mediante una escobilla se extrajeron los residuos y cualquier materia extraña, estas muestras se almacenan en un ambiente seco por un tiempo aproximado de 30 días.
- D. Desgranado:** En el proceso de desgranado se separo los granos del marlo manualmente, una vez separado se peso el grano y el marlo, una vez pesados estos fueron puestos en bolsas de sierre hermético las cuales fueron codificadas, luego de esto se procedió a la determinación de las características físicas del grano.
- E. Triturado:** Se realizo el triturado de las muestras de marlo con un molino de martillo el cual posee un tamiz # 2 hasta logra obtener particulas que pasen por la malla de 2 mm, permitiendo así una mayor y mejor extracción por solventes.
- F. Extracción:** la solución se realizo según el método propuesto por (Fuleki T. Y Francis F., 1968).en el cual indica pesar 25 gr de muestra de marlo pulverizado al cual se adiciona 100 ml de una solución de extracción, que consiste HCL de 1.5 N: etanol 96 % (5:17) se agita constantemente y se reposa aproximadamente de 18 a 24 horas en oscuridad a una temperatura de 8° C, para lograr la mayor extracción.



**G. Cuantificación:** Se extrae un alícuota (F1) 1 ml se ingresa a un tubo de ensayo y se mezcla con la solución buffer de pH 1.0 con 9 ml, se realiza esta misma operación para el buffer 4.5 con 9 ml a un volumen conocido (F2), se realiza la dilución de la muestra hasta que la absorbancia a 520 nm de la muestra diluida se encuentre en el rango de de 0.2 a 1.4 de absorbancia una con el buffer a pH 1.0 y otra con el buffer a pH 4.5, Se hace un blanco en el espectrofotómetro con el buffer a pH 1.0 y otra con el buffer a pH 4.5. respectivamente según se realice las lecturas, Se guarda en la oscuridad durante 30 minutos y luego se lee la absorbancia a 520 nm y a 700 nm. Se determina la diferencia entre las dos absorbancias.

### **3.5 Análisis y tratamientos físicos de la muestra**

#### **3.5.1 Tratamiento de la materia prima**

Para el tratamiento de las muestras, la recolección de las materias primas se realizan en 3 días consecutivos, se recolecto de las 4 variedades de maíz morado de las 16 parcelas de cada piso ecológico, las materias primas se recolectaron en estado de madurez, a los 4 meses después de haberse cultivado, las muestras de las cuatro variedades fueron puestos en sacos de yute codificados con el nombre y la procedencia del maíz, se les sometió aun oreado por un tiempo de 1 mes en un lugar fresco y seco sobre parihuelas sin exposición a luz solar, para luego tomar en consideración: el tamaño del marlo, el numero de hileras, peso de los granos, peso del marlo, humedad del marlo que son las características importantes.

#### **3.5.2 Recepción de las muestras**

##### **3.5.2.1 Determinación de dimensiones de marlo**

Para determinar las magnitudes del marlo se utilizo la siguiente metodología la cual se detalla en el anexo N° 01.

##### **3.5.2.2 Determinación del peso**

Para estos ensayos se ha tomado en cuenta los pesos tanto del marlo y del grano de cada una de las variedades de los pisos ecológicos para poder determinar el rendimiento de granos y marlo, previo al pesado se realiza el conteo de hileras por marlo, la metodología se detalla en el anexo N° 02

### **3.5.3 Selección de las muestra**

- a. **Enfermedades:** En esta operación de verifico visualmente en una superficie clara y bien iluminada, el maíz morado que no contenga ningún tipo de mancha, deformación, hongos en la superficie, podredumbres, etc.
- b. **Residuos:** En esta operación de verifica visualmente en una superficie clara y bien iluminada que no contenga en la superficie restos de panca, vellosidades, polvo, etc. Se elimina mediante escobilla y manualmente los restos de residuos.

### **3.5.4 Desgranado de las muestra**

#### **3.5.4.1 Determinación de dimensiones de grano**

Para determinar las magnitudes de los granos se utilizo la siguiente metodología la cual se detalla en el anexo N° 01.

#### **3.5.4.2 Determinación del peso**

Para estos ensayos se ha tomado en cuenta el peso total de los granos para poder determinar el rendimiento de granos de todas las variedades de cada piso ecológico, en la cual previo al pesado se realiza el conteo de hileras por marlo, la metodología se detalla en el anexo N° 02

#### **3.5.4.3 Peso mil granos**

Para obtener un promedio de peso de los granos de maíz morado se toma muestras al azar del aglomerado de granos realizando un conteo de 100 granos los cuales son puestos en un vaso de precipitado, previo a esto se tara la balanza con el peso del vaso, el peso que se obtiene de los 100 granos de maíz es multiplicado por 10 y dividido entre 1000 para obtener el promedio de 1000 granos.

### **3.5.5 Triturado de las muestras**

#### **3.5.5.1 Triturado**

Se realiza el triturado de las muestras de marlo con una maquina chancadora de chala con una tamiz # 2.

### **3.5.5.2 Determinación de humedad**

Se determino la humedad siguiendo la metodología siguiente.

- Determinación de humedad por. A.O.A.C. 15th editado 1990. (A.O.A.C. 1995)

La descripción de esta metodología se presenta en el anexo N° 03.

### **3.5.6. Extracción de antocianinas por solventes**

Para establecer la metodología apropiada para la obtención del extracto se realizaron pruebas de dilución, las cuales fueron sometidas a una cuantificación de antocianinas, el cual permitió establecer la extracción y el extracto óptimo para poder realizar las extracciones, la metodología que se detalla en el Anexo N° 04.

### **3.5.7 Cuantificación de antocianinas por espectrofotometría UV visible**

Al establecer la metodología apropiada para la obtención del extracto, se realizaron las pruebas de dilución, que fueron sometidas a cuantificación de antocianinas mediante el método de pH diferencial el cual permitió establecer la solución óptima, al obtener la solución se cuantificaron las antocianinas de las cuatro variedades de maíz morado traídos de los 3 pisos ecológicos, la metodología se detalla en el anexo N° 05.

### **3.5.8 Efecto Del Oxigeno A pH 4.5, Luz Y Temperatura Sobre El Pigmento**

Para determinar la estabilidad de las antocianinas del maíz morado frente al Oxigeno a pH 4.5 se tomaran los datos de pH y temperatura en la extracción, en la cual se tomara el tiempo de extracción para determinar en función a este, el pH y temperatura se tomara al finalizar la extracción antes de realizar la lectura en el espectrofotómetro UV visible.

### **3.5.9 Extracción y estabilización de las antocianinas de maíz morado**

Para la extracción del extracto de antocianinas para el uso en la industria alimentaria se utiliza la metodología propuesta por (Huayhua, 2008), en la cual emplean ácido cítrico para un mayor extracción del pigmento antocianico, afirmando junto a (markakis, 1974) que el ácido cítrico es menos corrosivo y actúa estabilizando la estructura de las antocianinas en forma cationica por mantener el pH bajo, realizo una

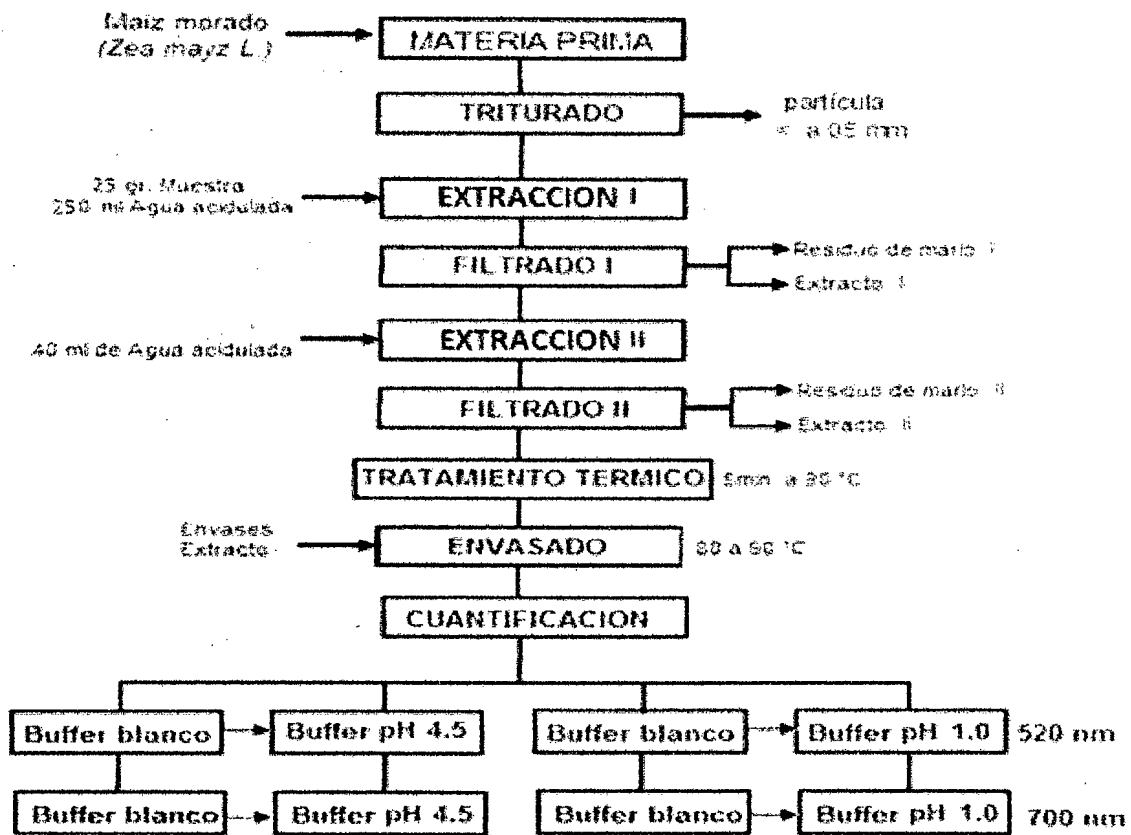


extracción en medio acuoso para obtener extracto de maíz morado determinando que la temperatura óptima de extracción es a los 90 °C, por no encontrar una diferencia muy amplia en la cantidad extractable obtenidos, ya que a los 100 °C se nota un cambio en la coloración del extracto, la metodología se detalla a continuación en el Gráfico N° 02 donde la extracción de las antocianinas del marlo de maíz morado para el presente trabajo se obtuvo en dos etapas, extracción I y extracción II del siguiente modo.

- a. **Triturado:** Se realizó el triturado de las muestras de marlo con un molino de martillo el cual posee un tamiz # 2 hasta logra obtener partículas que pasen por la malla de 2 mm, permitiendo así una mayor y mejor extracción por solventes.
- b. **Extracción I:** El marlo triturado fue introducido al agua acidulada con (ácido cítrico), a un pH de 3±0,2 durante 24 horas en oscuridad la relación de marlo y agua acidulada es de (1:10), se adiciono 25 gr. de muestra y 250 ml de agua acidulada la cual se sometió a refrigeración de 8 a 12 °C.
- c. **Filtrado I:** Luego de haber realizado la primera extracción se procede a filtrado en bomba de vacío, se conserva el residuo para la segunda extracción.
- d. **Extracción II:** Se realiza en caliente a una temperatura de 90 °C, en constante agitación con una bagueta para ello se emplea el residuo de la extracción I en agua acidulada la cantidad de 40 ml a un pH de 3±0,2 durante 5 minutos.
- e. **Filtrado II:** luego de haber realizado la segunda extracción se procede al filtrado II.
- f. **Tratamiento térmico:** el extracto I y II se juntan y son sometidos a un tratamiento térmico por un periodo de 5 minutos a 90 °C.
- g. **Envasado:** El extracto de antocianinas de maíz morado es envasado en botellas de color pardo para evitar la pérdida de antocianinas por exposición a la luz, el envasado se realiza en caliente a una temperatura de 80 a 90 °C.
- h. **Cuantificación:** la cuantificación se realiza mediante el método propuesto por Fuleki y Francys en cual se detalla en el Anexo N° 05



Grafico N° 02: Proceso para la extracción y estabilización de las antocianinas del maíz morado (*Zea mays L.*)



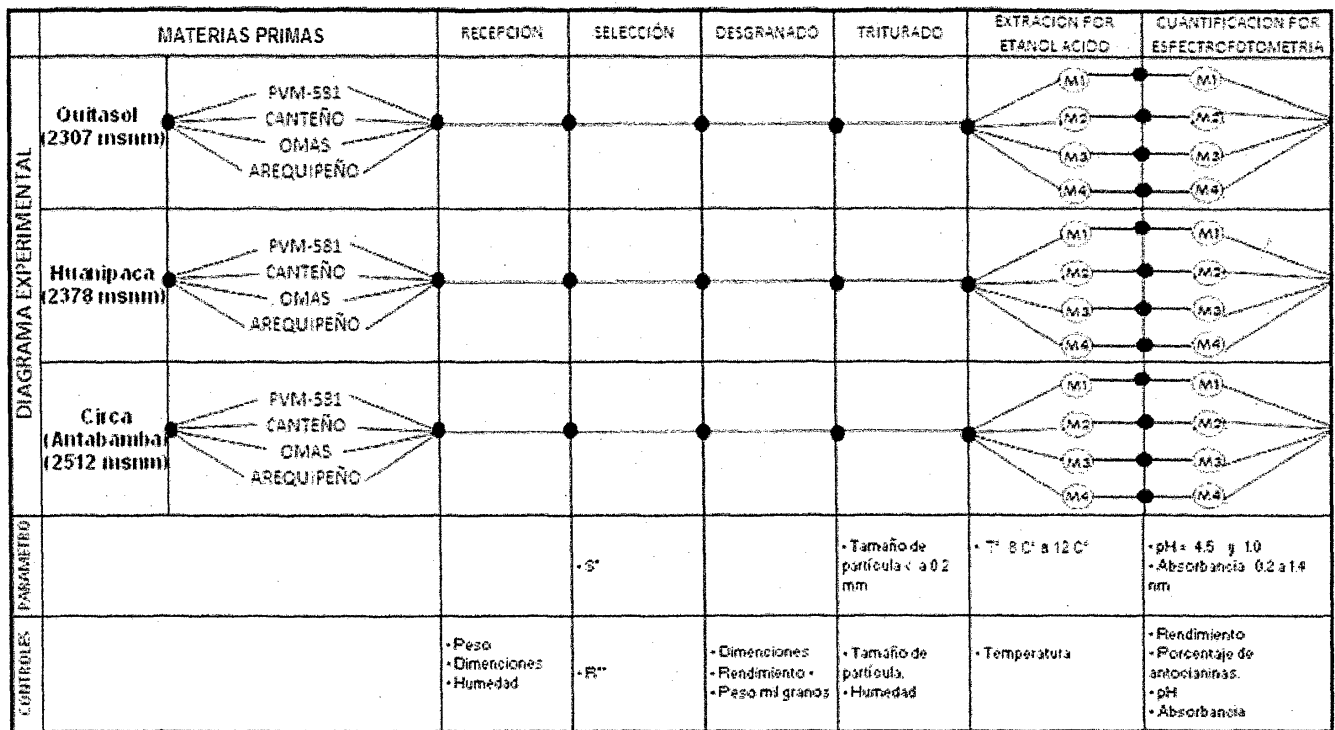
Ref.: (Huayhua, 2008)

### 3.6 Diseño experimental para la estandarización

En cada experimento de extracción y cuantificación se realizaron tres replicas por cada variedad de maíz morado utilizando, para lo cual un muestreo no probabilístico debido a que la muestra es homogénea y se encuentra delimitada en parcelas.

Para poder evaluar la extracción y cuantificación del contenido de antocianinas en función al piso ecológico se analizo estadísticamente a través de un diseño completamente al azar de 3Ax4B, con 3 replicas el cual se puede observar en el grafico N° 03, donde los factores fueron piso ecológico, variedad de maíz morado y con variable de respuesta contenido de antocianina. Para el análisis de datos estos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA). Si hubieran diferencias significativas entre los tratamientos se procedió a comparaciones con la prueba de Duncan a un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

Grafico N° 0.3: Diseño Experimental Para La extracción y cuantificación Del Contenido De Antocianinas



S\* : Sin ningún tipo de enfermedades, coloraciones blancas, plomas etc.  
 R\*\* : Sin residuos de panca, vellosidades del maíz, polvillos.

M : MARLO



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4. Análisis y tratamientos físicos de la muestra

##### 4.1. Tratamiento de las muestra (cosecha)

Todas las muestras cosechadas fueron sometidas a un previo tratamiento de selección manual, en la cual se separa los marlos de maíz defectuosos antes de ser sometidas a un periodo de secado para evitar su deterioro.

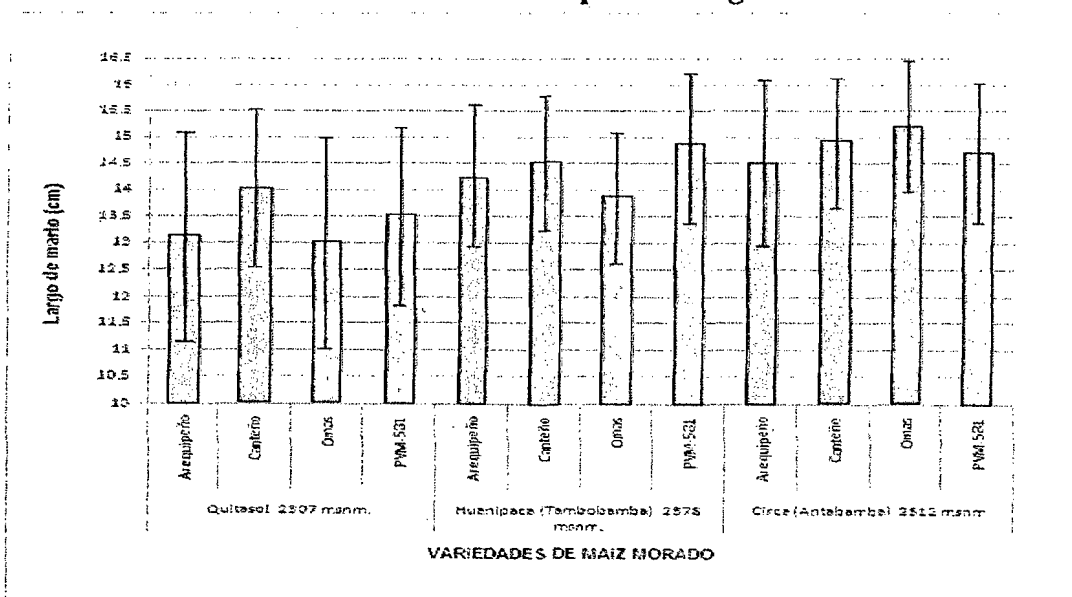
##### 4.2. Recepción de las muestras

###### 4.2.1. Determinación de dimensiones de marlo

###### 4.2.1.1. Largo de marlo

Los resultados del largo de marlo de las 4 variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos se aprecian en el gráfico N° 0.4, donde los mayores largos de marlo se consiguieron en las variedades y en los pisos ecológicos de: piso ecológico de Quitasol la variedad Canteño con un valor de  $14.02 \pm 1.51$  cm, en el piso ecológico de Huanipaca la variedad PVM-581 con un valor de  $14.89 \pm 1.45$  cm y en el piso ecológico de Circa la variedad Omas con un valor de  $15.20 \pm 1.27$  cm.

**Gráfico N° 0.4: Comparación de largo de marlo de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



Ref.: Elaboración propia



De los resultados obtenidos del tamaño de marlo de los tres pisos ecológicos la variedad Omas dio como resultado ser la mazorca de mayor tamaño con un valor de  $15.20 \pm 1.27$  cm procedente del sector de Circa, por otro lado la variedad que consiguió menor tamaño dentro de los tres pisos ecológicos fue la variedad Omas con  $13.02 \pm 1.97$  cm procedente del sector de Quitasol

En la comparación que se aprecia en el Cuadro N° 09 con la investigación de (Sevilla y A. Valdez, 1985) el largo del maíz morado de la variedad Arequipeño tiene un promedio de  $15 \pm 5.0$  en el cual define el mínimo como 10 cm y el máximo a 20 cm de largo en comparación con la variedad Omas del sector de Circa el cual obtuvo un valor de  $15.20 \pm 1.27$  cm esta está dentro del rango del largo de marlo, en otra investigación realizada al marlo de maíz morado por (Huayhua, 2008) en el cual observa en su análisis físico de marlo que este consiguió un largo de mazorca de 17 cm en la variedad canta, 15 cm de largo en la variedad canta de Huanta, 15 cm de largo en la variedad la mar, en comparación con la variedad Omas del sector de Circa estos valores de longitud de marlo se asemejan, por otro lado con las variedad Canteño del sector de Quitasol y PVM-581 en comparación con la investigación de (Sevilla y A. Valdez, 1985) los valores de largo de marlo se asemejan a la variedad arequipeño el cual posee un promedio de 15 cm de largo.

**Cuadro N° 09: Comparación del largo de marlo del maíz morado con otras variedades de maíz morado**

SECTOR	Variedad	largo de marlo (cm)
Quitasol 2307 msnm.	Canteño	$14.02 \pm 1.51$
Circa 2512 msnm	Omas	$15.20 \pm 1.27$
Huanipaca 2378 msnm.	PVM-581	$14.89 \pm 1.45$
Ayacucho*	Canta	17.0
	Canta de Huanta	15.0
	Cangallo	15.0
Lima**	Arequipeño	$15 \pm 5.0$

Ref.: (Huayhua, 2008)\*, (Sevilla y A. Valdez, 1985)\*\*

Las razones por la cual tiene un mayor largo de marlo el maíz morado de la variedad Omas en el sector de Circa se debe a que la retención de agua en el terreno de cultivo la cual está ligada a factores como son pérdida de agua por infiltración, pendiente del suelo y humedad relativa del medio lo cual influye



directamente en la alimentación y nutrición de la planta de maíz morado, según (Martínez P. y Tico R., 1974) dice que el agua influye en la productividad y la calidad del maíz en un 30 % más o menos de acuerdo al riego que se le suministre al maíz morado, debido a que el agua es un medio el cual facilita la asimilación de nutrientes, los datos del Anexo N° 10 nos indica que la infiltración de agua en el sector de Circa es de 0.5 cm/ha esto indica que la pérdida de agua es lenta, por otro lado la infiltración de agua en el sector de Quitasol es de 3 cm/hr es rápida debido a esto es que el tamaño de mazorca es de menor tamaño en este sector en la variedad Omas, en el sector de Huanipaca la infiltración es de 0.8 a 2.5 cm/hr es moderada rápida.

Con respecto a la pendiente del suelo y la humedad relativa en el sector de Circa la inclinación del terreno fue de 5 % y la humedad relativa es de 67 % por lo que la pérdida de humedad y agua se dio lentamente por gravedad y el viento, con respecto a los demás sectores en el sector de Quitasol la pendiente fue de 10 % y la humedad relativa es de 55 % en este sector hubo gran pérdida de agua debido a que la humedad relativa del medio es menor y en el sector de Huanipaca la pendiente fue de 15 % y la humedad relativa es de 65 % lo cual produjo que la retención de agua se medianamente, mientras más pendiente tenga mayor será la pérdida de agua por gravedad, las condiciones de infiltración y pendiente del suelo afectan directamente a la nutrición del maíz morado según (Harold K. y Chester A, 1965) la deficiencia de compuestos nitrogenados los cuales son arrastrados en los sucesivos riegos limitan el rendimiento del maíz morado, en el caso del sector de Circa el suelo tienen una permeabilidad baja y la capacidad de retención de nutrientes es alta debido a que la capacidad de infiltración es baja, los nutrientes esenciales como el NPK se mantienen y son asimilados por el maíz morado, por lo tanto el tamaño de mazorcas del maíz son aceptables en este sector con respecto a los sectores de Quitasol y Huanipaca en los cuales los tamaños de marlo fueron menores debido a que la infiltración del suelo es superior, la humedad relativa menor y la pendiente del suelo empinadas.



Según (Solano, 1999) demuestra que la mazorca tiene mayor longitud debido a las condiciones de fertilización de NPK, dice que a una fertilización de NPK (180-120-180) consiguió el mejor rendimiento de longitud de mazorca en la variedad canta con 15.89 cm, con respecto al sector de Circa la fertilización se mantuvo debido a que la infiltración fue menor y la retención de nutrientes fue alta con respecto a los demás sectores se afirma que el tamaño de marlo se vio afectado por la pendiente del suelo y la infiltración lo que limitó la asimilación de nutrientes durante el desarrollo del maíz morado.

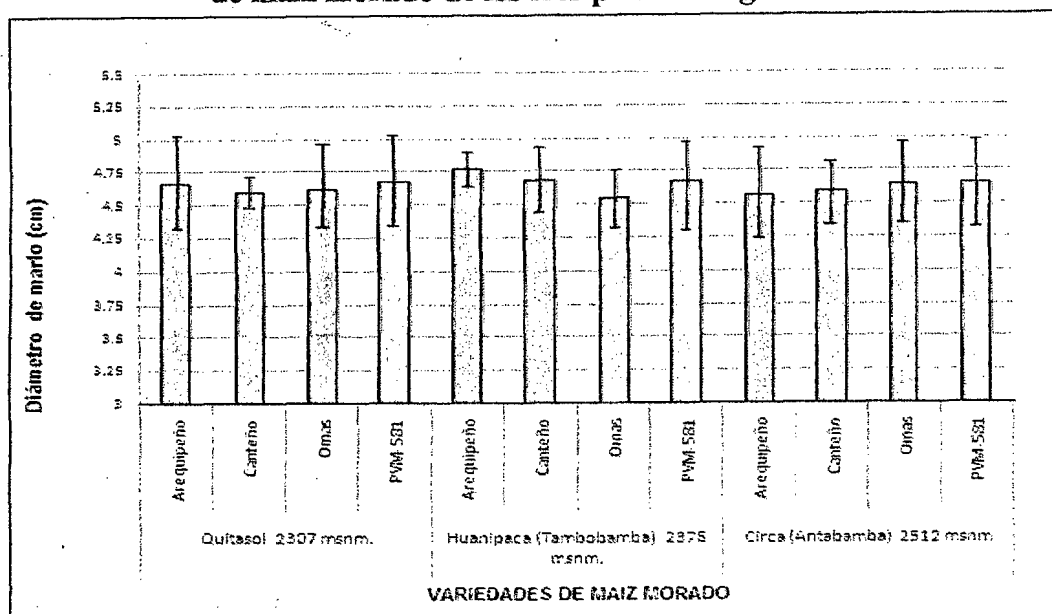
Otro factor que influye para que el rendimiento de maíz morado sea alto es la pendiente del suelo de cultivo el cual afecta a la fotosíntesis de la planta, debido a que no existe buena iluminación y temperatura durante el día según (Martines P. y Tico R., 1974) la luminosidad y la temperatura juegan un rol muy importante, sus efectos en determinados periodos del año generalmente en el invierno a pesar de que exista una alimentación mineral suficiente si no existe una buena iluminación y temperatura limita el fenómeno de fotosíntesis y por consiguiente los posteriores rendimientos, con respecto a este factor se puede observar las pendientes del suelo en el anexo N° 10 donde la menor pendiente se muestra para el sector de Circa, y gradualmente para los sectores de Quitasol y Huanipaca, las pendientes fueron aumentando gradualmente por lo que la productividad se vio afectada de igual manera gradualmente en los tres pisos ecológicos debido a una deficiente iluminación.

#### 4.2.1.2. Diámetro de marlo

Los resultados del diámetro de marlo de las 4 variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos se aprecian en el gráfico N° 0.5, donde los mayores diámetros de marlo se consiguieron en las variedades y en los pisos ecológicos de: Quitasol la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $4.66 \pm 0.37$  cm, en el piso ecológico de Huanipaca la variedad Arequipeño consiguió un valor de  $4.76 \pm 0.12$  cm y en el piso ecológico de Circa la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $4.65 \pm 0.34$  cm, se llega a la conclusión que la variedad de maíz morado que mayor diámetro de marlo consiguió en los tres pisos ecológicos fue Arequipeño con un valor de  $4.76 \pm 0.12$  cm la cual proviene del sector de Huanipaca.



**Grafico N° 0.5: Comparación del diámetro de marlo de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



**Ref.: Elaboración propia**

En la comparación que se aprecia en el Cuadro N° 10 con la investigación de Sevilla Y A. Valdez, 1985) se observa una variabilidad de  $5.0 \pm 0.8$  cm en la variedad Arequipeño procedente de Lima con respecto a la variedad Arequipeño del sector de Huanipaca es menor a esta, según la investigación de (Huayhua, 2008) en su estudio realizado a las variedades Canta, Canta de Huanta, Cangallo y Ayacucho estas variedades tienen un menor diámetro de marlo con respecto a la variedad Arequipeño del sector de Huanipaca de igual manera con la variedad PVM-581 de los sectores de Quitasol y Circa, Excepto con la variedad canta de Huanta.

**Cuadro N° 10: Comparación del diámetro de marlo del maíz morado con otras variedades de maíz morado**

SECTOR	Variedad	Diámetro de mazorca (cm)
Quitasol 2307 msnm.	PVM-581	4.66 + 0.37
Circa 2512 msnm	PVM-581	4.65 + 0.34
Huanipaca (Tambobamba) 2378 msnm.	Arequipeño	4.76 + 0.12
Ayacucho	Canta*	4.9
	Canta de huanta*	5.1
	Cangallo *	4.3
	Ayacucho*	4.6
Lima	Arequipeño**	5.0 + 0.8

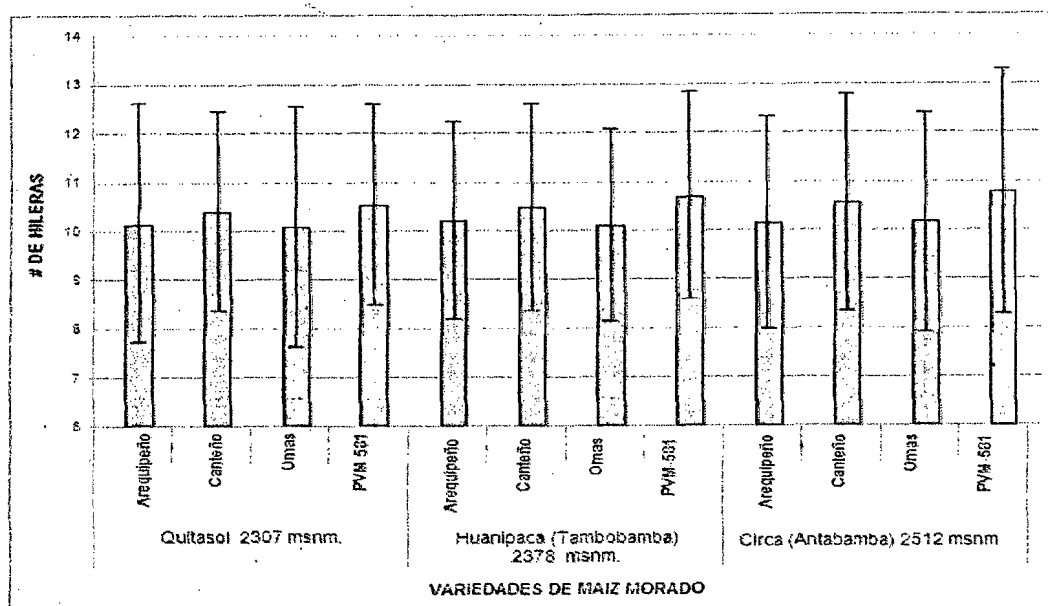
**Ref.: (Huayhua, 2008)\*, (Sevilla y A. Valdez, 1985)\*\***

La razón por la cual tiene un mayor diámetro de marlo el maíz morado de la variedad Arequipeño en el sector de Huanipaca es la infiltración del agua debido al tipo de tierra lo cual produce que la asimilación de nutrientes sea alta o baja dependiendo de la infiltración se muestra en el Anexo N° 10 en sector de Circa la pérdida de agua es lenta pero manifiesta un pH de 8.0, por otro lado en el sector de Quitasol la pérdida de agua es rápida, pero manifiesta un pH de 8.2, en el sector de Huanipaca la pérdida de agua es moderada a rápida, pero manifiesta un pH de 7.0 lo cual es adecuado para el crecimiento de la planta de maíz esto según (Harold K. y Chester A., 1965) manifiesta que un pH adecuado para el cultivo de maíz es de 7 a 8 de pH, donde la asimilación de nutrientes se produce con facilidad, según (Martines P. y Tico R., 1974) el agua es un medio el cual facilita la asimilación de nutrientes, esta se ve afectada por la pérdida de agua por infiltración y el pH del suelo ya que a pH superiores el diámetro de marlo se ve afectado reduciéndose en tamaño.

#### 4.2.1.3. Número de hileras por marlo

Los resultados del número de hileras del marlo de maíz morado de las 4 variedades de los tres pisos ecológicos se observa en el Gráfico N° 06, donde los mayores números de hileras por marlo se consiguieron en las variedades y en los pisos ecológicos de: Quitasol la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $11 \pm 2.05$ , en el piso ecológico de Huanipaca la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $11 \pm 2.15$  y en el piso ecológico de Circa la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $11 \pm 2.51$ , se proporciona como resultado que la variedad de maíz morado que mayor número de hileras por marlo consiguió en los tres pisos ecológicos, fue PVM-581 con un valor de  $11 \pm 2.51$  proveniente del sector de Circa.

**Grafico N° 06: Comparación del número de hileras por marlo de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



Ref.: Elaboración propia

Se observa los resultados de otras investigaciones del número de hileras por marlo en el Cuadro N° 11, en comparación con la variedad estudiada por (Sevilla y A. Valdez, 1985) la variedad PVM-581 del sector de Circa la cual consiguió mayor número de hileras por marlo de  $11 \pm 2.51$  se asemeja a la variedad Arequipeño la cual tiene una variabilidad de  $10 \pm 2.0$  hileras por marlo, con respecto al estudio realizado por (Huayhua, 2008) indica que la variedad cangallo tiene 12 hileras por grano la cual también se asemeja a la variedad PVM-581 del sector de Circa, con respecto al resto de las variedades estudiadas (Canta, Canta de Huanta, Ayacucho), la variedad PVM-581 tienen un mayor número de hileras por marlo.

**Cuadro N° 11: Comparación del Número de hileras por marlo del maíz morado con otras variedades de maíz**

SECTOR	Variedad	Número de hileras por marlo
Circa 2512 msnm	PVM-581	$11 \pm 2.51$
Ayacucho*	Canta	8
	Canta de huanta	8
	Cangallo	12
	Ayacucho	10
Lima**	Arequipeño	$10 \pm 2.0$

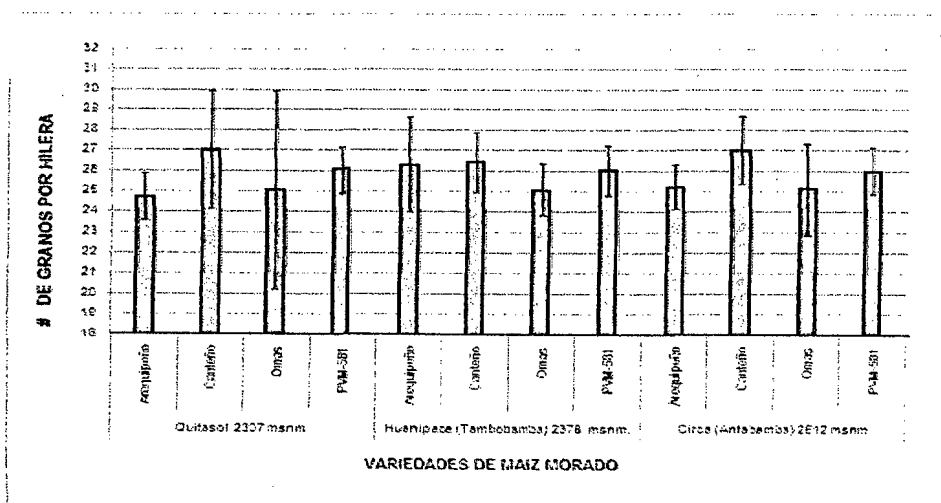
Ref.: (Huayhua, 2008)\*, (Sevilla y A. Valdez, 1985)\*\*

Las razón por la que tiene un mayor número de hileras el maíz morado de la variedad PVM-581, son factores genéticos los cuales determinan las características morfológicas y geométricas esta aseveración se confirman con la investigación de (Harold K. y Chester A, 1965) la exclusividad genética determina las características morfológicas y geométricas de cada variedad de maíz morado influyendo en el resultado final determinando sus caracteres como son tamaño, numero de granos, numero de hileras, forma de los granos, en otra investigación realizada por (Sevilla y A. Valdez, 1985) indica que los caracteres del maíz morado como son forma, tamaño, numero de granos, numero de hileras se determinan por los códigos genéticos de cada variedad de maíz morado concibiéndolos como únicos.

#### 4.2.1.4. Numero de granos por hilera

Los resultados del numero de granos por hilera del maíz morado de las 4 variedades de los tres pisos ecológicos se aprecian en el Grafico N° 07, donde los mayores numero de granos por hilera se consiguieron en las variedades y en los pisos ecológicos de: Quitasol la variedad Canteño consiguió un valor de  $27.0 \pm 2.89$ , en el piso ecológico de Huanipaca la variedad Canteño consiguió un valor de  $26.4 \pm 1.46$  y en el piso ecológico de Circa la variedad Canteño consiguió un valor de  $27.0 \pm 1.65$ , se provee el resultado que la variedad de maíz morado que mayor número de granos por hilera consiguió en los tres pisos ecológicos fue Canteño con  $27.0 \pm 2.89$  procedente del sector de Quitasol.

**Grafico N° 07: Comparación del número de granos por hilera de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



Ref.: Elaboración propia



En la comparación que se observa en el Cuadro N° 12 con la investigación de (Sevilla y A. Valdez, 1985) con la variedad Canteño del sector de Quitasol la cual tiene  $27.0 \pm 2.89$  granos por hilera y la variedad Arequipeño la cual provienen de lima que tienen  $25 \pm 10$  granos por hilera donde la variedad que tiene mayor cantidad de granos por hilera es la variedad Canteño y posee una menor variabilidad, con respecto a los sectores de Huanipaca Y Circa la variedad Canteño es mayor a la variedad arequipeño la cual provienen de lima.

**Cuadro N° 12: Comparación del número de granos por hilera de maíz morado con otras variedades de maíz**

SECTOR	Variedad	N° de granos por hilera
Quitasol 2307 msnm.	Canteño	$27.0 \pm 2.89$
Circa 2512 msnm	Canteño	$27.0 \pm 1.65$
Huanipaca 2378 msnm.	Canteño	$26.4 \pm 1.46$
Lima	Arequipeño*	$25 \pm 10$

Ref.: (Sevilla y A. Valdez, 1985) \*

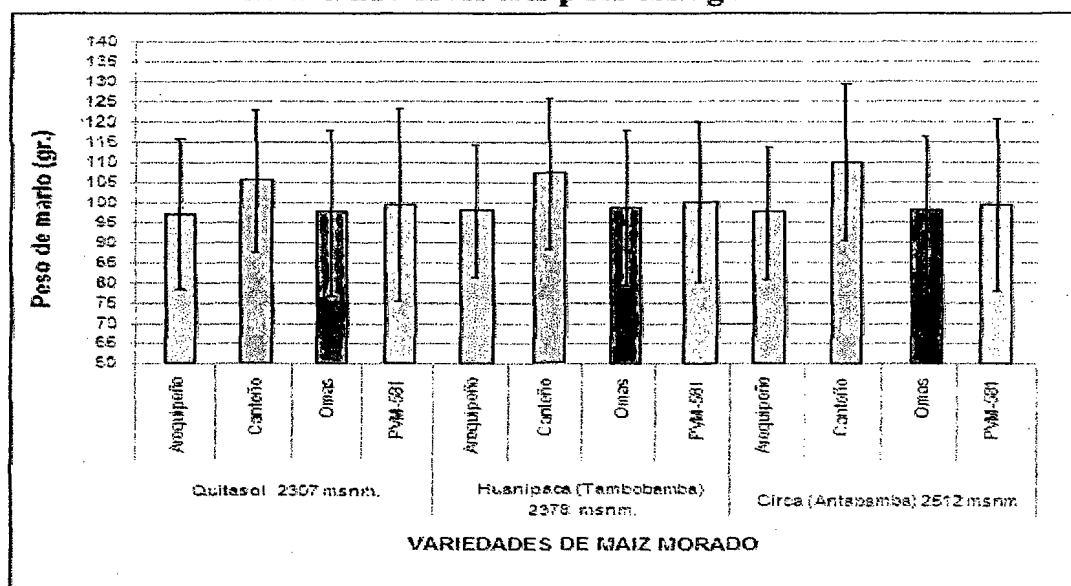
Las razón por la que posee un mayor número de granos por hileras el maíz morado de la variedad Canteño del sector de Quitasol se debe a la condición genética que determina las características físicas del maíz morado según la investigación de (Harold K. y Chester A, 1965) son factores genéticos los cuales determinan las características físicas de esta variedad de maíz morado, la cual influye en la productividad y la cantidad de granos en la mazorca del maíz, por otro lado con respecto a la deficiencia en nutrientes se debe a la pérdida de agua por infiltración, con respecto al sector de Quitasol la infiltración es rápida la retención de nutrientes es baja, con respecto al sector de Circa la infiltración es lenta la retención de nutrientes es alta y en el sector de Huanipaca la infiltración es moderada la retención de nutrientes es media en la investigación realizada por (Grunerberg,1959) indica que con una adecuada nutrición nitrogenada en un nivel de 180 Kg/H los rendimientos del maíz son grandes, la asimilación de nitrógeno tiene lugar durante el crecimiento aminorándose recién en la época de la madurez, la planta asimila 2/3 del nitrógeno total y la tercera parte es asimilada por los granos y almacenado en estos durante su maduración de esta manera con una buena alimentación nitrogenada habrá mayor productividad del maíz.



#### 4.2.2. Determinación del peso de mazorca de maíz morado

Los resultados del peso de mazorca del maíz morado de las 4 variedades de los tres pisos ecológicos se aprecian en el Grafico N° 08: donde los mayores pesos de mazorca se consiguieron en las variedades y en los pisos ecológicos de Circa la variedad Canteño consiguió un valor de  $109.91 \pm 19.6$  gr, en el piso ecológico de Huanipaca la variedad Canteño consiguió un valor de  $107.45 \pm 18.3$  gr y en el piso ecológico de Quitasol la variedad Canteño consiguió un valor de  $105.61 \pm 17.6$  gr de los resultados se proporciona como resultado que la variedad de maíz morado que mayor peso de mazorca consiguió en los tres pisos ecológicos fue Canteño con un valor de  $109.91 \pm 19.6$  gr procedente del sector de Circa.

**Grafico N° 08: Comparación de peso de mazorca de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



Ref.: Elaboración propia

En el Cuadro N° 13 se aprecia la comparación de mazorca con la investigación de (Solano, 1999) donde la variedades procedentes de lima Canteño tiene peso de 98.88 gr, huanuqueño tiene un peso de 99.99 gr. y PVM-581 tiene peso de 99.36 gr, en comparación con la variedad Canteño del sector de Circa la cual tiene un peso  $109.91 \pm 19.6$  gr, esta variedad de maíz morado tiene mayor peso de mazorca, por otro lado en comparación con la variedad Canteño de Lima esta se encuentran dentro del rango de peso. Por parte de los sectores de Quitasol y Huanipaca los pesos de mazorca son superiores en la variedad Canteño en comparación a esta misma variedad la cual fue cultivada en lima.

**Cuadro N° 13: Comparación del peso de marlo del maíz morado con otras variedades de maíz**

SECTOR	Variedad	Peso de Marlo (gr.)
Circa 2512 msnm	Canteño	109.91
Quitaspall 2307 msnm.	Canteño	105.61
Huanipaca 2378 msnm.	Canteño	107.45
Lima	Canteño*	98.88
	Huánuco*	99.99
	PVM-581*	99.36

Ref.: (Solano, 1999)\*

la razón por la que el peso de la mazorca del maíz morado consiguió un alto rendimiento en la variedad Canteño del sector de Circa son factores genéticos y nutricionales con respecto a los factores genéticos estos determina la características genéticas del maíz morado según (Harold K. y Chester A, 1965) como anteriormente se mencionaba en la página 52, por otra parte (Solano, 1999) indica que el rendimiento del maíz morado se ve afectado por los niveles de fertilización, sin embargo no se detectan diferencias significativas para el factor variedad ni para la interacción entre niveles de fertilización por variedades, en el caso del sector de Circa el tipo de tierra es arcilloso lo cual favorece a la asimilación de nutrientes debido a que la pérdida de agua es muy lenta, por otro lado en los sectores de Quitaspall el tipo de suelo es arenoso franco, lo cual no es favorable para la asimilación de nutrientes debido a que la pérdida de agua es rápida, con respecto al sector de Huanipaca el tipo de suelo es Franco arcilloso arenoso lo cual es un suelo el cual tiene una asimilación de nutrientes media a alta se debe a la infiltración de agua, se concluye que la asimilación de nutrientes por parte de la planta de maíz es la causa de que el marlo tenga mayor peso.

Otra causa de que el tamaño de mazorca tenga mayor tamaño es la luminosidad según (Martines P. y Tico R. , 1974) concluye que la luminosidad afecta en el crecimiento y desarrollo de la planta ya que a deficiencia de rayos UV-B en determinados periodos a pesar de que existan una alimentación mineral suficiente ya que la falta de insolación limita el fenómeno de fotosíntesis y por consiguiente, los posteriores rendimientos, las características de las pendientes de suelo se pueden apreciar en el Anexo N° 10 las pendientes fueron aumentando sucesivamente de menor a mayor iniciando en el sector de circa , Huanipaca y culminando en el



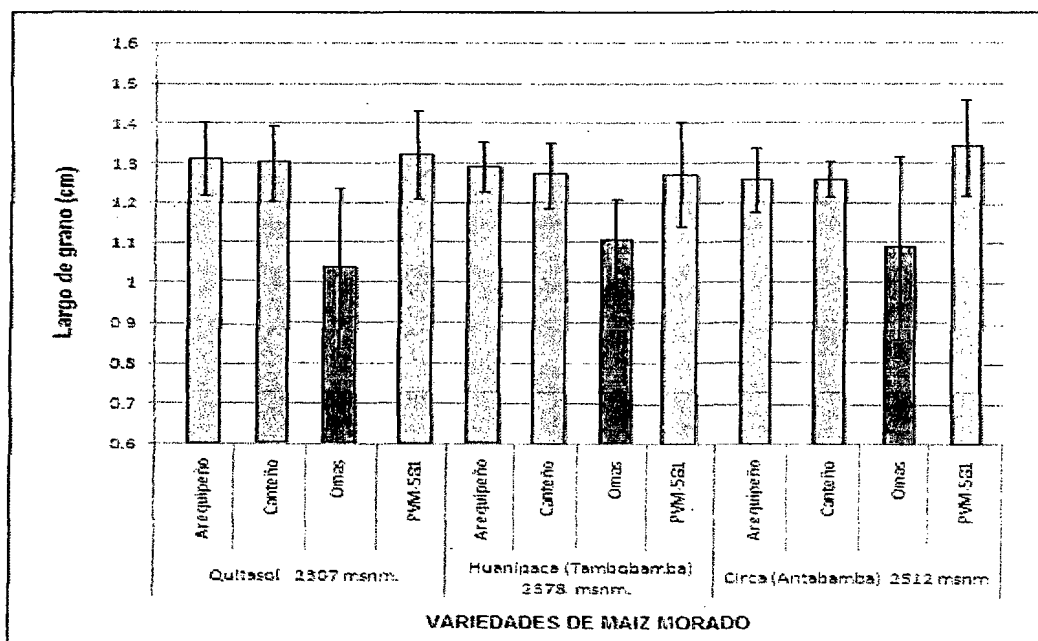
sector de Quitasol, esto influyo en la productividad del maíz morado sucesivamente mientras más pendiente del suelo menor productividad, la iluminación de los rayos del sol no fueron suficientes en los sectores de Huanipaca y Quitasol por lo que los rendimientos del maíz morado fueron menores.

### 4.3 Determinación de dimensiones de grano

#### 4.3.1 Largo de grano

Los resultados del largo de grano de las 4 variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos se aprecian en el Grafico N° 09, donde los mayores tamaños de grano se consiguieron en las variedades y en los pisos ecológicos de Quitasol la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $1.32 \pm 0.11$  cm, en el piso ecológico de Huanipaca la variedad Arequipeño consiguió de  $1.29 \pm 0.062$  cm y en el piso ecológico de Circa la variedad Arequipeño consiguió un valor de  $1.26 \pm 0.082$  cm. De los resultados se proporciona como resultado que la variedad de maíz morado que mayor largo de grano consiguió en los tres pisos ecológicos fue PVM-581 con un valor de  $1.32 \pm 0.11$  cm, proveniente del sector de Quitasol.

**Grafico N° 09: Comparación de largo de grano de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



Ref.: Elaboración propia



En la comparación que se observa en el Cuadro N° 14, con la investigación de (Sevilla y A. Valdez, 1985) donde la variedad PVM-581 del sector de Quitasol tiene  $1.32 \pm 0.11$  cm de largo de grano en comparación con la variedad arequipeño de lima la cual tienen un largo de  $1.10 \pm 0.20$ , la variedad PVM-581 tienen mayor largo de grano, por otro lado la variedad Arequipeño en los sectores de Circa; Huanipaca tienen una semejanza con la variedad Arequipeño de lima, comparando la variedad PVM-581 con la variedad Arequipeño es menor en tamaño en los dos sectores de Circa y Huanipaca.

**Cuadro N° 14: Comparación del largo de granos del maíz morado con otra variedad de maíz morado**

SECTOR	Variedad	Largo de grano cm
Quitasol 2307 msnm.	PVM-581	$1.32 \pm 0.11$
Huanipaca 2378 msnm.	Arequipeño	$1.29 \pm 0.062$
Circa 2512 msnm	Arequipeño	$1.26 \pm 0.082$
Lima	Arequipeño*	$1.10 \pm 0.20$

Ref.: (Sevilla y A. Valdez, 1985) \*

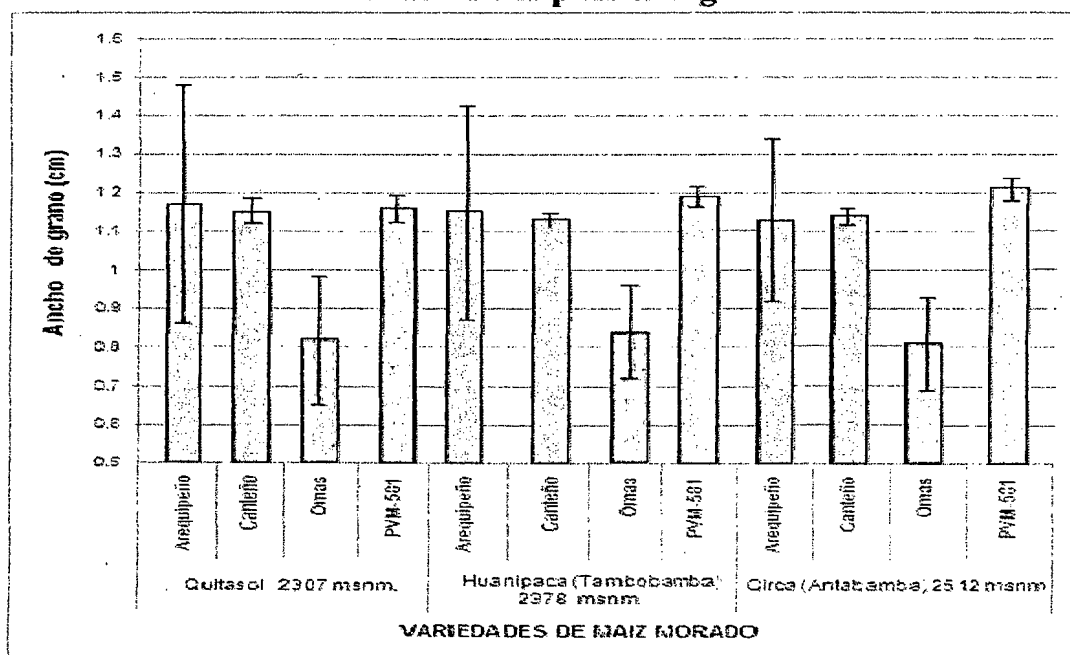
La razón por la que tiene una mayor largo de grano el maíz morado de la variedad PVM-581 del sector de Quitasol según (Harold K. y Chester A, 1965) son factores genéticos los cuales determinan las características físicas de la variedad PVM-581 de maíz morado, esto influye en la productividad, cantidad de granos y el tamaño de estos ya que sus patrones físicos son determinados, por otro lado la variedad arequipeño obtuvo largos de grano superiores en los sectores de Huanipaca y Circa como anteriormente se menciona en la investigación de (Martines P. y Tico R., 1974) las condiciones de luminosidad y la temperatura manifiestan efectos en determinados periodos a pesar de que existan una alimentación mineral suficiente, en el caso del sector de Quitasol que está ubicada a 2307 msnm en comparación con los sectores de Huanipaca está ubicada a una altitud de 2378 msnm y Circa está ubicado a una altitud de 2512 msnm en los cuales la variedad arequipeño obtuvo mayores largos de grano debido a que la variedad arequipeño se adapta con facilidad a climas más fríos y a mayores altitudes según (Pu Jing, 2006) el cual demuestra que a altitudes superiores a los 2300 msnm la variedad PVM-581 posee mejores rendimientos.



### 4.3.2 Ancho de grano

Los resultados del ancho de grano de las 4 variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos se observan en el Grafico N° 10: donde los mayores anchos de grano se consiguieron en las variedades y en los pisos ecológicos de Quitasol la variedad Arequipeño consiguió un valor de  $1.17 \pm 0.31$  cm, en el piso ecológico de Huanipaca la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $1.19 \pm 0.023$  cm y en el piso ecológico de Circa la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $1.21 \pm 0.031$  cm de los resultados se proporciona como resultado que la variedad de maíz morado que mayor ancho de grano consiguió en los tres pisos ecológicos fue PVM-581 con un valor de  $1.21 \pm 0.031$  cm procedente del sector de Circa.

**Grafico N° 10: Comparación de ancho de grano de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



Ref.: Elaboración propia

En la comparación que se realiza En el Cuadro N° 15 se observa los resultados de otras investigación de (Sevilla y A. Valdez, 1985) donde el ancho de grano de la variedad Arequipeño en comparación con la variedad PVM-581 del sector de Circa consiguió un ancho de grano de  $1.21 \pm 0.031$  cm el cual no se asemeja a la variedad Arequipeño en la cual pudo observar una variabilidad de  $0.56 \pm 0.06$  cm, por otro lado en el sector de Huanipaca la variedad PVM-581 obtuvo  $1.19 \pm 0.023$  cm mayor ancho de grano en comparación con la variedad arequipeño de lima existe una gran variabilidad, por otro lado con la variedad arequipeño del sector de



Quitasol la cual obtuvo  $1.17 + 0.31$  cm tienen una gran diferencia de ancho de grano en comparación con la variedad arequipeño de Lima, se concluye que existe una gran diferencia en el ancho de grano con la variedad Arequipeño la cual fue cultivada en la costa.

**Cuadro N° 15: Comparación del ancho de grano del maíz morado con otra variedad de maíz morado**

SECTOR	Variiedad	Ancho de grano cm
Circa 2512 msnm	PVM-581	$1.21 + 0.031$
Huanipaca 2378 msnm.	PVM-581	$1.19 + 0.023$
Quitasol 2307 msnm.	Arequipeño	$1.17 + 0.31$
Lima	Arequipeño*	$0.56 + 0.060$

Ref.: (Sevilla y A. Valdez, 1985) \*

La razón por la que el ancho de grano del maíz morado es más grande en la variedad PVM-581 es la cantidad de agua la cual se le suministra ya que esto influye en el transporte de nutrientes, según las investigaciones de (Martines P. y Tico R. , 1974) son condiciones de riego como anteriormente se menciono, en caso del sector de Circa infiltración es lenta lo cual ayuda a la asimilación de nutrientes, por otro lado en los sectores de Huanipaca la pérdida de agua por Infiltración es moderada lo cual hace que la asimilación de nutrientes sea moderada por lo que influye en la productividad del maíz, con respecto al sector de Quitasol la perdida de agua por infiltración es rápida lo cual hace que la retención de nutrientes no sea buena y los rendimientos del maíz sean bajos.

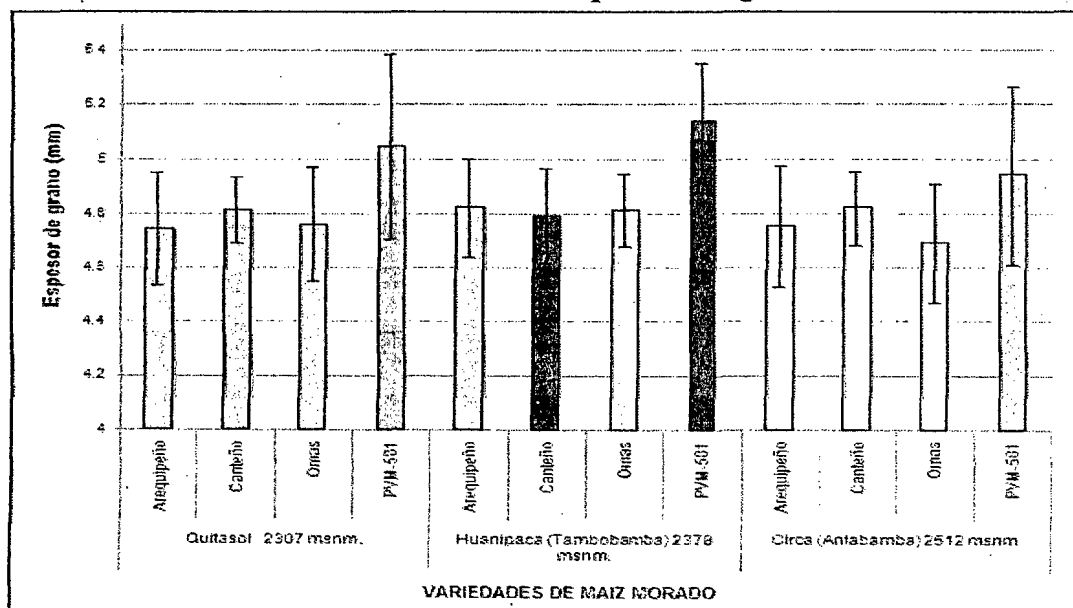
Otra causa para que el ancho de grano tenga buenas dimensiones es la cantidad de nutrientes que asimila principalmente el nitrógeno el cual va de la mano con la perdida de agua por infiltración a mayor pérdida de agua menor será la productividad, según la investigación realizada por (Cupe, 1982) dice que el nitrógeno juega un papel muy importante en el cultivo de maíz en todo sus aspectos, el maíz responde positivamente conforme el nivel de nitrógeno incrementa, pudiendo fijarse como el punto de mejor respuesta  $160 \text{ kg/H}$  de nitrógeno, pues a partir de aquí la mayoría las curvas de productividad decrecerá lenta o fuertemente dependiendo el parámetro de estudio, por lo que la perdida de agua juega un factor muy importante ya la infiltración hace que la asimilación de nutrientes no sea buena y por ende la productividad de los cultivos de maíz no tengan buen rendimiento.



### 4.3.3 Espesor de grano

Los resultados del espesor de grano de las 4 variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos se pueden observar en el gráfico N° 11, donde los mayores espesores de grano se consiguieron en las variedades y en los pisos ecológicos de Quitasol la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $5.04 \pm 0.34$  mm, en el piso ecológico de Huanipaca la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $5.14 \pm 0.21$  mm y en el piso ecológico de Circa la variedad PVM-581 consiguió un valor de  $4.94 \pm 0.33$  mm. De los resultados obtenidos del gráfico N° 0.10: se proporciona como resultado que la variedad de maíz morado que mayor espesor de grano consiguió en los tres pisos ecológicos fue PVM-581 con un valor de  $5.14 \pm 0.21$  mm proveniente del sector de Huanipaca.

**Gráfico N° 11: Comparación de espesor de grano de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



**Ref.: Elaboración propia**

En la comparación que se tiene en el Cuadro N° 16 se observa los resultados de la investigación de (Sevilla y A. Valdez, 1985) donde se muestra el resultado del espesor de grano de la variedad Arequipeño de lima en comparación con la variedad PVM-581 del sector de Huanipaca la cual consiguió un espesor de grano de  $5.14 \pm 0.21$  mm se asemeja a la variedad Arequipeño en la cual tiene una variabilidad de  $6.0 \pm 0.5$  mm, donde la variedad Arequipeño de lima cuenta con un espesor de grano



mayor a la de la variedad PVM-581 de los tres sectores, por otro lado la variedad PVM-581 obtuvo mayor dimensión en los tres pisos ecológicos.

**Cuadro N° 16: Comparación del espesor de grano del maíz morado con otra variedad de maíz morado**

SECTOR	Variedad	Espesor de grano cm
Huanipaca 2378 msnm.	PVM-581	5.14 ± 0.21
Quitaspall 2307 msnm.	PVM-581	5.04 ± 0.34
Circa 2512 msnm	PVM-581	4.94 ± 0.33
Lima	Arequipeño	6.0 ± 0.5

Ref.: (Sevilla y A. Valdez, 1985)

La razón por la que el espesor de grano del maíz morado es más grande en la variedad PVM-581 según (Harold K. y Chester A, 1965) y (Solano, 1999) son factores genéticos los cuales determinan las características físicas de la variedad PVM-581 de maíz morado, esto influye en la productividad, cantidad de granos y el tamaño de estos.

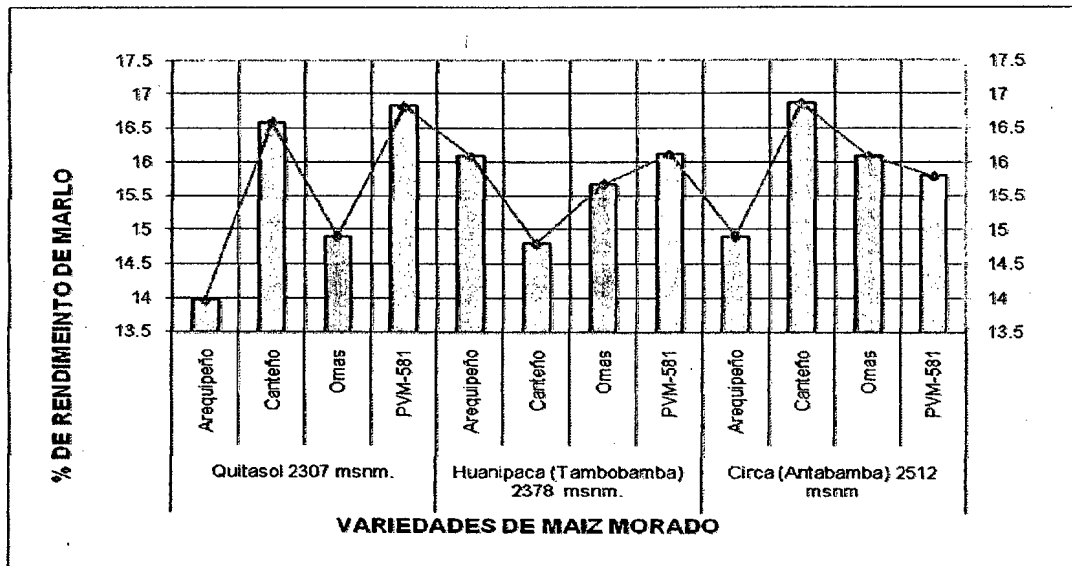
Otra de las causas por lo que el grano de maíz morado tiene mayor espesor es la asimilación de nutrientes la cual influye en la productividad y dimensiones de los granos, según las investigaciones de (Adrich y Leng, 1974) informa que el maíz al tener grandes cantidades de potasio, esencialmente para su crecimiento vigoroso aunque nunca forma parte de las proteínas ni de los compuestos orgánicos, todos los suelos de cultivo, excepto los arenosos contienen grandes cantidades de potasio. Así mismo, existe una elevada necesidad de potasio durante la floración y la formación de las mazorcas, estas afirmaciones se aseveran con las características del suelo de cultivo, en el sector de Huanipaca el tipo de tierra es franco arcilloso lo cual influye en el drenaje de agua ya que la Infiltración de agua es moderada a rápida lo cual evita pérdida de nutrientes ya que tiene un pH de 7 el cual facilita la asimilación de nutrientes debido a que el pH es neutro el suelo, con respecto al sector de Circa en la cual la infiltración es lenta y el pH es de 8 lo cual reduce la asimilación de potasio, por otro lado en el sector de Quitaspall la infiltración rápida y el pH es de 8.2 lo cual también reduce la asimilación de potasio.



#### 4.4. Determinación del rendimiento del maíz morado

Los resultados del rendimiento del marlo de las 4 variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos se observan en el Grafico N° 12, donde los mayores rendimientos de maíz morado se consiguieron en las variedades y en los pisos ecológicos de Quitasol la variedad PVM-581 consiguió un valor de 16.82 %, en el piso ecológico de Huanipaca la variedad PVM-581 consiguió un valor de 16.11 % y en el piso ecológico de Circa la variedad Canteño consiguió un valor de 16.86 %. De los resultados obtenidos se da como resultado que la variedad de maíz morado que mayor rendimiento de marlo en los tres pisos ecológicos fue la variedad Canteño con un valor de 16.86 % procedente del sector de Circa.

**Grafico N° 12: Comparación del % de rendimiento de marlo de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



**Ref.: Elaboración propia**

Con respecto a los resultados del rendimiento del grano de las 4 variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos se puede observar en el Cuadro N° 17: que en el piso ecológico de Quitasol la variedad Arequipeño consiguió un rendimiento de 86.03 %, en el piso ecológico de Huanipaca la variedad Canteño consiguió un rendimiento de 85.21 % y en el piso ecológico de Circa la variedad Arequipeño consiguió un rendimiento de 85.1 %. De los resultados se proporciona como resultado que la variedad de maíz morado que mayor rendimiento de granos consiguió en los tres pisos ecológicos fue la variedad arequipeño con un valor de 86.03 % del sector de Quitasol.



**Cuadro N° 17: Resultados del rendimiento de marlo y grano de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos.**

Piso Ecológico	Variedad	Muestra Kg.	Marlo Kg.	Grano kg.	Rendimiento %	
					Marlo	Grano
Quitasol 2307 msnm.	Arequipeño	5	0.698	4.302	13.97	86.03
	Canteño	5	0.829	4.171	16.58	83.42
	Omas	5	0.745	4.255	14.9	85.1
	PVM-581	5	0.841	4.159	16.82	83.18
Huanipaca 2378 msnm.	Arequipeño	5	0.804	4.196	16.08	83.92
	Canteño	5	0.739	4.261	14.79	85.21
	Omas	5	0.783	4.217	15.67	84.33
	PVM-581	5	0.806	4.194	16.11	83.89
Circa 2512 msnm	Arequipeño	5	0.745	4.255	14.9	85.1
	Canteño	5	0.841	4.169	16.86	83.14
	Omas	5	0.804	4.196	16.08	83.92
	PVM-581	5	0.789	4.241	15.79	84.21

**Ref.: Elaboración propia**

En el Cuadro N° 18 se aprecia los resultados de otras investigaciones de (Delgado J., 1987) donde se demuestra que la variedad Arequipeño tienen un rendimiento de 20 % la cual es superior al rendimiento de maíz morado del sector de Circa en la variedad Canteño el cual tiene un rendimiento de 16.86 % por otro lado en comparación con los sectores de Quitasol y Huanipaca en la variedad PVM-581 la variedad Arequipeño la cual fue cultivada en Lima demuestra un mayor rendimiento de marlo, en otra investigación realizada por (Solano, 1999) demuestra que las variedades Canteño, Huánuco y PVM-581 las cuales fueron cultivadas en Lima tienen los siguientes rendimientos 18.86 %, 18.52 % y 18.52 % sucesivamente, estos rendimientos son superiores al de la variedad de maíz morado Canteño del sector de Circa, con respecto a los sectores de Quitasol y Huanipaca en las que la variedad PVM-581 obtuvo altos rendimientos en comparación con las variedades Canteño, Huánuco y PVM-581 estos tienen rendimientos superiores.

Del resultado se deduce que la variedad arequipeño del sector de Quitasol proporciona como resultado mayor cantidad de granos por lo que la proporción de marlo será menor en los estudios realizados por (Delgado J., 1987) demuestra que la mazorca está constituido por 80 % de granos y 20 % de tusa.



**Cuadro N° 18: Comparación del rendimiento marlo del maíz morado con otra variedad de maíz morado**

SECTOR	Variedad	% de rendimiento del marlo
Circa 2512 msnm	Canteño	16.86
Quitasol 2307 msnm.	PVM-581	16.82
Huanipaca 2378 msnm.	PVM-581	16.11
Lima	Arequipeño**	20.0
Lima	Canteño*	18.86
	Huánuco*	18.52
	PVM-581	18.83

Ref.: Delgado J., 1987\*\*, Solano, 1999\*

Las razón por la cual tiene alto rendimiento de marlo el maíz morado de la variedad Canteño se debe a la asimilación de nutrientes mediante el principal transporte que es el agua dependen mucho de la cantidad de agua la cual se le suministre durante su desarrollo, según (Martines P. y Tico R., 1974) como anteriormente mencionaba el agua suministrada es un factor muy importante, con respecto al sector de Cerca la pérdida de agua por infiltración baja por lo que la retención de nutrientes es alta debido a la tierra arcillosa la cual retiene los nutrientes y el agua, con respecto al sector de Huanipaca la pérdida de agua por Infiltración es moderada por lo que la retención de nutrientes es media a alta debido a que la tierra es Franco arcilloso arenoso por lo que los nutrientes y el agua son retenidos mediamente debido a la combinación de arcilla y arena, en el sector de Quitasol la pérdida de agua por Infiltración es alta por lo que la retención de nutrientes es baja debido a que la tierra es arenoso franco por lo que los nutrientes y el agua son arrastrados fácilmente por la arena la cual no capta en su estructura partículas de nutrientes ni de agua. Según las investigaciones de (Adrich Y Leng, 1974) informa que el maíz al tener grandes cantidades de potasio, esencialmente para su crecimiento vigoroso, todos los suelos de cultivo, excepto los arenosos contienen grandes cantidades de potasio. Así mismo, existe una elevada necesidad de potasio durante la floración y la formación de las mazorcas la retención de agua en el suelo juega un rol muy importante para asimilación de nutrientes.

Otro factor es la luminosidad y la temperaturas según (Martines P. y Tico R., 1974), con respecto al sector de Cerca en la variedad Canteño influye en la luminosidad del sol debido a que la pendiente del suelo es de 5 % lo por lo que



recibió una mayor cantidad de luz durante mas horas dando como rendimiento de marlo 16.86 %, en el sector de Quitasol en la variedad PVM-581 influye en la luminosidad del sol debido a que la pendiente del suelo es de 10 % por lo que recibe menor cantidad de luz, dando como rendimiento de marlo 16.82 % y en el sector de Huanipaca en la variedad PVM-581 influye en la luminosidad del sol debido a que la pendiente del suelo es de 15 % en donde los rayos solares llegaron menos horas que en los sectores de Quitasol y Circa dando como rendimiento de marlo 16.11 %, por lo que se concluye que un factor determinante es la cantidad de luz asimilada durante el día por la planta para que tenga una mejor fotosíntesis y por ende un mejor desarrollo.

#### 4.5 Peso mil granos

Para la determinación del peso de los granos del maíz morado se utilizo la metodología propuesta por (Salinas, 2003), mediante el conteo de 100 granos y el peso de estos se, multiplica por diez y se dividió entre 1000 par proporciona como resultado el peso promedio de un grano.

En el cuadro N° 19 se muestra los resultados del peso mil granos de las muestras de maíz morado de los 3 pisos ecológicos, donde proporciona como resultado el peso promedio en gramos de un grano en el grafico N° 0.14, donde los mayores pesos de grano se consiguieron en las variedades y en los pisos ecológicos de Circa la variedad Omas consiguió un valor de 0.353 gr., en el sector de Huanipaca la variedad PVM-581 consiguió un valor de 0.351 gr. y en el sector de Quitasol la variedad Omas que consiguió un valor de 0.352 gr., De los resultados del Grafico N° 12: se proporciona como resultado que la variedad de maíz morado que mayor peso de grano y por ende mayor tamaño en los tres pisos ecológicos fue la variedad Omas con 0.353 gr procedente del sector de Circa.

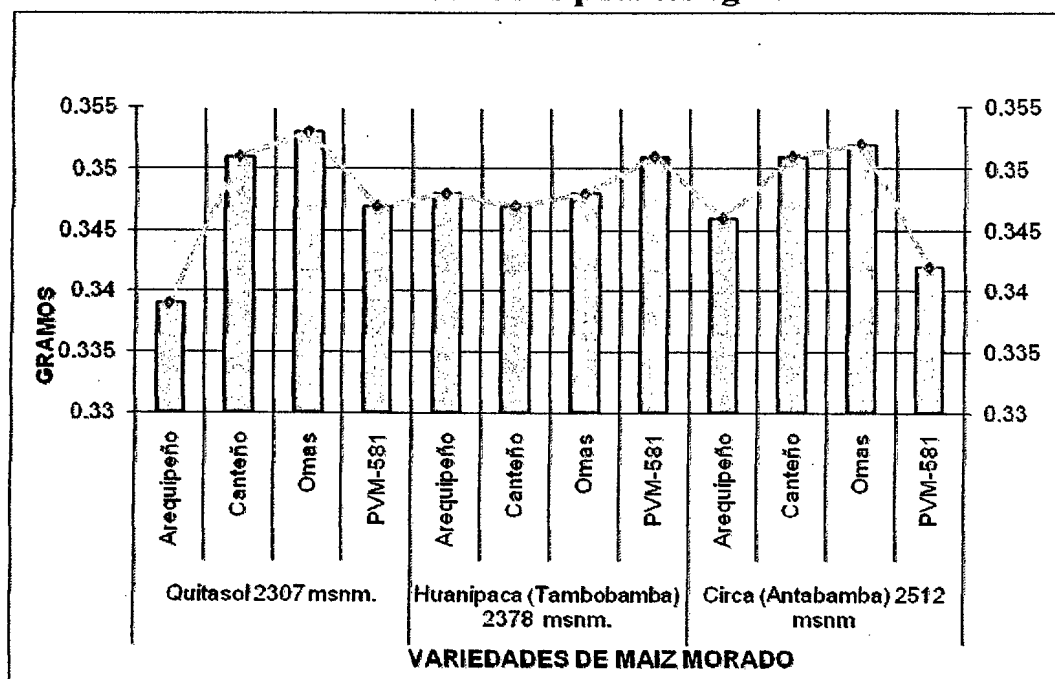
**Cuadro N° 19: Peso mil granos de las muestras de maíz morado de los 3 pisos ecológicos**

Piso Ecológico	Variedad	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Promedio de peso en gr.
Quitasol 2307 msnm.	Arequipeño	0.343	0.332	0.346	0.339
	Canteño	0.355	0.344	0.353	0.351
	Omas	0.346	0.355	0.357	0.352
	PVM-581	0.35	0.345	0.346	0.347
Huanipaca 2378 msnm.	Arequipeño	0.344	0.355	0.346	0.348
	Canteño	0.345	0.343	0.353	0.347
	Omas	0.346	0.353	0.345	0.348
	PVM-581	0.353	0.343	0.357	0.351
Circa 2512 msnm	Arequipeño	0.34	0.352	0.347	0.346
	Canteño	0.346	0.354	0.353	0.351
	Omas	0.352	0.346	0.357	0.353
	PVM-581	0.343	0.342	0.342	0.342

Ref.: Elaboración propia

Con respecto a la variedad que consiguió un menor peso de grano y menor volumen, se encuentra la variedad Arequipeño del sector de Quitasol con un peso de 0.339 gr. el cual se observa en el en el Grafico N° 13.

**Grafico N° 13: Comparación de peso mil granos de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



Ref.: Elaboración propia



En el Cuadro N° 20 se observa los resultados de otras investigaciones de (Salinas, 2003) donde el peso mil granos del maíz morado de las variedades elotes chalqueño, bolita y azul cristalino chihuahua fueron reportados en un valor de: 0.460 gr., 0.368 gr. y 0.334 gr respectivamente en comparación con el maíz morado de la variedad Omas del sector de Circa el cual posee un peso de grano de 0.353 gr estas son menores en peso, con respecto a la variedad PVM-581 del sector de Quitasol en comparación con las variedades elotes chalqueño y bolita estas variedades son mayores en peso, por otro lado los maíces de los tres sectores son mayores a la variedad azul cristalino chihuahua.

**Cuadro N° 20: Comparación de peso de granos de maíz morado de otras variedades de distinto sector**

SECTOR	Variedad	Peso en gr.
Circa 2512 msnm	Omas	0.353
Huanipaca 2378 msnm.	PVM-581	0.351
Quitasol 2307 msnm.	Omas	0.352
México	elotes chalqueño*	0.460
	Bolita*	0.368
	Azul cristalino chihuahua*	0.334

Ref.: (Salinas, 2003)\*

Las razones por la que el peso de grano sea superior en el sector de Circa son las condiciones de iluminación y temperatura como anteriormente menciona (Martines P. y Tico R. , 1974), con respecto a los rendimientos de grano se dieron proporcionalmente de acuerdo a la pendiente del suelo el cual asedio gradualmente de los sectores de Circa, Quitasol y Huanipaca de la misma manera los pesos de los granos descendieron gradualmente a mayor pendiente menor peso de grano a este fenómeno se atribuye la iluminación o la irradiación a mayor pendiente menor tiempo de exposición de luz y por ende afecta en la fotosíntesis y el proceso de desarrollo de la planta.

Otra razón por la que el grano obtuvo mayor peso en la variedad Omas es la nutrición como anteriormente menciono (Adrich Y Leng, 1974), con respecto al sector de Circa en la variedad Omas obtuvo granos de mayor peso debido a que el suelo es arcilloso y posee una mayor asimilación de nutrientes y retención de agua, con respecto a los sectores de Huanipaca y Circa la asimilación de nutrientes es baja.

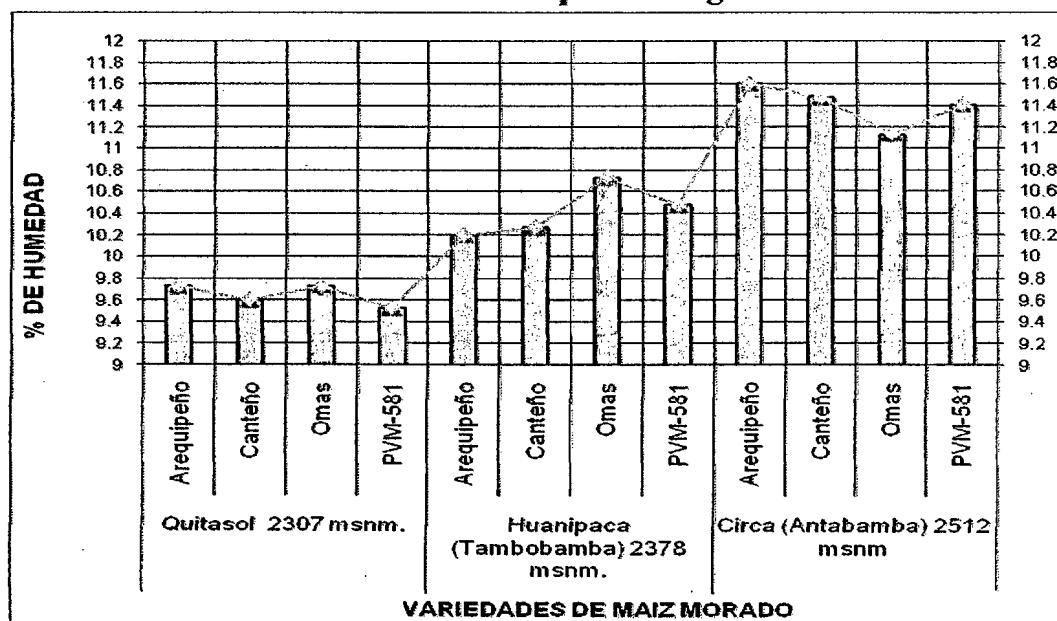


## 4.5 Triturado de las muestras

### 4.5.1 Determinación de humedad

Los resultados del promedio de las humedades del marlo de maíz morado de las 4 variedades de los tres pisos ecológicos se observan en el Grafico N° 14: que la variedad que contiene mayor humedad en el marlo con 11.60 % es la variedad Arequipeño del sector de Circa, y la variedad la cual consiguió menor % de humedad fue la variedad PVM-581 del sector de Quitasol con una humedad de 9.53 %.

**Grafico N° 14: Comparación del % de humedad de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



**Ref.: Elaboración propia**

En la comparación que se realiza en el Cuadro N° 21 se observa el % de humedad de distintas variedades de maíz morado de acuerdo a los resultados obtenidos el % de humedad de 11.60 % de la variedad Arequipeño del sector de Circa presenta una humedad mayor a las variedades PVM-581, Arequipeño y azul cristalino chihuahua, sin embargo las variedades Canta y elotes chalqueño poseen mayor humedad que este.

En otra investigación de (Delgado, 1987) indican que la humedad del marlo de maíz morado cuenta con 11.4 %, en otra investigación realizada al marlo de maíz morado por (Huayhua, 2008) en la cual observo en el análisis físico de marlo

que la humedad es de 12.68 %, en la variedad canta según la investigación de (Salinas, 2003) indica que la humedad del marlo de maíz morado es de 10.6 % en la variedad azul cristalino y en la variedad elotes chalqueño es de 12.2 %.

**Cuadro N° 21: Comparación del % de humedad del maíz morado con otras variedades de maíz morado**

SECTOR	Variedad	% de humedad
Quitasol 2307 msnm.	PVM-581	9.53
Circa 2512 msnm	Arequipeño	11.60
Huanipaca 2378 msnm.	Omas	10.73
Ayacucho	Canta *	12.68
Lima	Arequipeño**	11.4
MÉXICO	elotes chalqueño <sup>+</sup>	12.2
	azul cristalino <sup>+</sup>	10.6

Ref.: (Huayhua, 2008)<sup>\*</sup>, (Delgado, 1987)<sup>\*\*</sup>, (Salinas, 2003)<sup>+</sup>

La causa de la humedad baja en el marlo de maíz morado del sector de Quitasol se debe a que la humedad del medio ambiente es distinta en cada sector por lo que la retención de la humedad en el marlo es variable ya que cada piso ecológico tiene una humedad característica las cual se puede observar en el anexo N° 10, otra de las causas es para que la humedad en el marlo sea menor es la presencia de sales en la estructura del marlo como son: Potasio, Magnesio, Cal, etc. afirma esta aseveración la investigación de (Jones K., 2005) las sales que se encuentran dentro de los plantas evitan la retención de humedad una vez que pierden la vida, ya que la fotosíntesis ya no se realiza y el movimiento celular se paraliza los compuestos clorofílicos comienzan a perder el agua rápidamente en presencia de sales y metales en su medio por exudación.

#### 4.6 Extracción de antocianinas por solventes

La extracción del pigmento se realizó mediante método propuesto por (Fuleki, T y Francis F. 1968), el cual es por solvente de etanol ácido se utiliza el siguiente solvente en las proporciones, HCL de 1.5 N: etanol 96 % (5:17), según (Giusti y Ronald E. Wrolstad, 2001) para la extracción de antocianinas este método se adaptó para la extracción de antocianinas del maíz morado del cual se extrajeron las antocianinas del marlo, debido a que el marlo tiene un 95 % y la diferencia la poseen los granos esto según (Shirai T, 1982), al utilizar el marlo triturado para la extracción de las antocianinas presentó el problema de formar conglomerados al momento de hidratar las muestras con el solvente, lo que provocó en las 12 muestras de los tres pisos ecológicos que se demore en la extracción.

Las características de las 12 muestras se observan en el Cuadro N° 22, las soluciones de las muestras dieron un color morado a rojizo intenso y rojizo oscuro, de todas las muestras se dio como resultado extracciones de 200 ml de solución de antocianinas de las cuales se determinó el tiempo de extracción y la coloración, el color de la extracción se determinó visualmente.

**Cuadro N° 22: Extracción de antocianinas del maíz morado de los tres pisos ecológicos**

Piso Ecológico	Variedad	Antocianina extraída	Color
Quitasol 2307 msnm.	Arequipeño	200 ml	Morado rojizo
	Canteño	200 ml	Rojizo
	Omas	200 ml	Rojizo
	PVM-581	200 ml	Morado rojizo
Huanipaca 2378 msnm.	Arequipeño	200 ml	Morado rojizo
	Canteño	200 ml	Morado rojizo
	Omas	200 ml	Morado rojizo
	PVM-581	200 ml	Morado rojizo
Circa 2512 msnm	Arequipeño	200 ml	Rojizo oscuro
	Canteño	200 ml	Rojizo naranja
	Omas	200 ml	Rojizo naranja
	PVM-581	200 ml	Rojizo oscuro

Ref.: Elaboración propia.



Los resultados obtenidos en el cuadro N° 22 y en el Anexo 08 es el resultado de la metodología propuesta por Fuleki y Francys (1968) aplicada para extraer y cuantificar antocianinas, las antocianinas presentaron una coloración de morado rojiza a rojiza naranja, que no solo indica el tipo de antocianina presente, demuestra también inestabilidad de las mismas a un cambio de pH, que por haberse encontrado en un medio ácido, varía de morado a rojizo y de rojizo a naranja según (Shirai T. 1982), (Trends, 2005) y (Lock Sing, 1997) confirman que el tipo de antocianina que predomina son cianidina 3-O- $\beta$ -D-glucósido, pelargonidina 3-O- $\beta$ -D-glucósido, peonidina 3-O- $\beta$ -D-glucósido, cianidina 3-O- $\beta$ -D-(6-malonyl-glucosido), pelargonidina 3-O- $\beta$ -D-(6-malonyl-glucosido) y peonidina 3-O- $\beta$ -D-(6-malonyl-glucosido) que fue encontrados en el marlo de maíz morado por primera vez por (Hiromitsu Aoki, et al., 2001), Según (Wang et al. 1997) indica el tipo de antocianina de acuerdo a la coloración que manifiesta la extracción en el Cuadro N° 23 en diferentes frutas y vegetales, de acuerdo a los resultados de coloración obtenidos durante la extracción, se confirma la presencia de las antocianinas Cianidina, Peonidina, delfinidina y Pelargonidina en las muestras de extraídas del marlo de maíz morado.

**Cuadro N° 23: Color y distribución de las principales antocianinas en algunas frutas y vegetales.**

ANTOCIANINA	COLOR	FRUTA Y VEGETAL
Delfinidina	Rojo azulado	Uva, concordia, mirtillo, bilberry, grosella negra y maíz
Cianidina	Rojo naranja	Fresa, mora, ruibarbo, grosella negra, cereza, col roja, arandino, sauco, uva concordia, maíz, ciruela, frambuesa, cebolla roja.
Pelargonidina	Anaranjado	Fresa, maíz
Malvidina	Rojo azulado	Uva, mirtillo, billberry
Peonidina	Rojo naranja	Cereza, arándano, camote morado, ciruela y maíz
Petunidina	Rojo azulado	Frambuesa, zarzamora, cereza, y mora
Apigenidina	Anaranjado	Perejil, alcachofa y apio

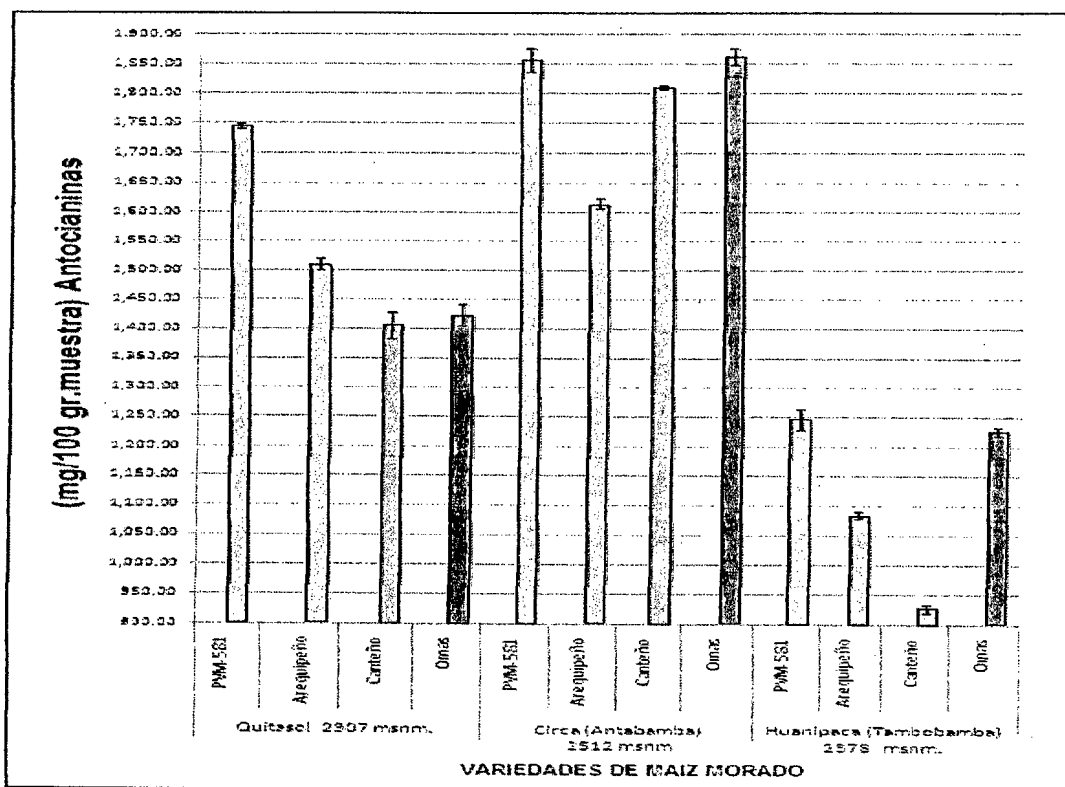
Ref.: Wang et al (1997)



#### 4.7 Cuantificación de antocianinas por el metodo de espectrofotometría UV visible

Los resultados de la cuantificación de antocianinas de las 4 variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos se observan en el Grafico N° 15, donde en el piso ecológico de Quitasol la variedad PVM-581 reporto  $1,743.37 \pm 2.73$  mg/100 gr de antocianinas y la menor concentración de antocianinas en la variedad Canteño con  $1,404.34 \pm 23.60$  mg/100 gr, en el piso ecológico de Circa la variedad PVM-581 reporto  $1,856.08 \pm 20.45$  mg/100 gr de antocianinas, en el mismo sector la variedad que obtuvo la menor concentración de antocianinas fue Arequipeño con  $1,613.94 \pm 6.82$  mg/100 gr, en el piso ecológico de Huanipaca la variedad PVM-581 reporto  $1,246.54 \pm 17.70$  mg/100 gr de antocianinas la menor cantidad de antocianinas se consiguió en la variedad Canteño con  $927.62 \pm 7.73$  mg/100 gr. Se llega a la conclusión que la variedad de maíz morado que mayor contenido de antocianinas posee en los tres pisos ecológicos fue la variedad PVM-581 con  $1,856.08 \pm 20.45$  mg/100 gr del sector de Circa, por otro lado la variedad que obtuvo la menor concentración de antocianinas fue la variedad Canteño con  $927.62 \pm 7.73$  mg/100 gr del piso ecológico de Huanipaca.

**Grafico N° 15: Comparación del contenido de antocianinas en mg/ L de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos**



Ref.: Elaboración propia



En la comparación que se realiza en el Cuadro N° 24 se observa los resultados de otras investigaciones donde se muestra el contenido de antocianinas de otras variedades de maíz morado en comparación con la variedad PVM-581 del sector de Circa la cual  $1,856.08 \pm 20.45$  mg/100 gr. en comparación con el estudio de (Pedreschi et al. 2007) el cual demuestra que la variedad PVM-581 la cual fue estudiada en Texas tiene  $1543.0 \pm 1.59$  mg/100 gr, donde en el sector de Circa existe una gran diferencia en contenido de antocianinas, con respecto a los demás estudios del contenido de antocianinas, la variedad PVM-581 del sector de Circa cuenta con una gran diferencia, por otra parte los estudios realizados por (Cevallos et. al, 2003) dan como resultado que en la variedad PVM-581 brindan un contenido de antocianinas de 1640.0 mg/100 gr en comparación con la variedad PVM-581 que contienen  $1,743.37 \pm 2.73$  mg/100 gr. del sector de Quitasol es mayor en contenido de antocianinas, por otra parte los estudios de (Solano, 1999) en la variedad PVM-581 la cual contiene 1,267.94 mg/100 gr en comparación con el sector de Huanipaca en la cual fue cultivada la variedad PVM-581 que contiene  $1,246.54 \pm 17.70$  mg/100 gr. se asemeja con los estudios de (Solano, 1999), pero existe una gran diferencia con los estudios de (Cevallos et. al, 2003).

**Cuadro N° 24: Comparación del contenido de antocianinas (mg/100 gr) del maíz morado con otras variedad de maíz morado**

SECTOR	Variedad	Contenido de antocianinas (mg/100 gr muestra)
Huanipaca (Tambobamba) 2378 msnm.	PVM-581	$1,246.54 + 17.70$
Quitasol 2307 msnm.	PVM-581	$1,743.37 + 2.73$
Circa 2512 msnm	PVM-581	$1,856.08 + 20.45$
Ayacucho *	Huanta	1343.174
Lima <sup>+</sup>	PVM-581	1,267.94
	Huánuco	1,458.9
	Canteño	1,619.16
Texas <sup>&amp;</sup>	PVM-581	$1642.0 + 92$
Texas <sup>%</sup>	PVM-581	$1543.0 + 1.59$
Ohio <sup>§</sup>	Arequipeño	1323
Bolivia <sup>#</sup>	Kulli	1473.0
México <sup>\$\$</sup>	Arequipeño	1037.6
	Arrocillo	1003.2
	Purepecha	772.8
	Conico	540.8
Lima <sup>**</sup>	PVM-581	1280.62

Ref.: (Huayhua, 2008)<sup>\*</sup>, (Solano, 1999)<sup>+</sup>, (Cevallos et al, 2003)<sup>&</sup>, (Pedreschi et al. 2007)<sup>%</sup>, (Pu Jing, 2006)<sup>§</sup>, (Nakatani, 1979)<sup>#</sup>, (Salinas, M. 2005)<sup>\$\$</sup>, (Ureña M. et al, 2001)<sup>\*\*</sup>



Una de las causas para que la acumulación de antocianinas tenga mayor concentración en el mazorco del maíz morado del sector de Circa en la variedad PVM-581 son factores ambientales según (Chalker, 1999), (Taiz y Zeiger, 1991), (Gross J., 1987), (Pu Jing, 2006) Son los factores medioambientales que incluyen la luz visible y radiación de UV, temperatura fría, sequedad, y agua se ha mostrado la tensión para inducir la acumulación de antocianinas en las plantas, con respecto al sector de Circa la temperatura es de 18 °C la cual es menor a la de los sectores de Huanipaca y Quitasol, otro factor es la altitud en el sector de Circa se encuentra a 2512 msnm la cual se encuentra a mayor altitud que los sectores de Quitasol la cual se encuentra a 2307 msnm y Huanipaca a una altitud de 2378 msnm por lo que habrá menor incidencia de los factores climáticos como son las temperaturas frías, mayor radiación UV debido a la altitud a la cual se encuentra, con respecto a la asimilación de agua esto sucede mucho a la infiltración o pérdida ya que en el sector de Circa es menor, con respecto al sector de Quitasol la infiltración es alta y en el sector de Huanipaca la infiltración es moderada.

Otro factor que produce que el maíz morado contenga mayor concentración de antocianinas en el sector de Circa en la variedad PVM-581 es la incidencia de luz solar durante el día, según las investigaciones de (Gross J., 1987) y (Searles et al., 1995) Numerosos factores ambientales tales como las condiciones de viento, infecciones y el más importante de todos: la luz solar, se expresan en la activación de diferentes enzimas involucradas en la biosíntesis de antocianinas, con respecto al sector de Circa la exposición de la luz solar es de Nor este y la inclinación del suelo es de 5 % lo cual produce que exista mayor exposición de luz durante el día, con respecto al sector de Quitasol la exposición de la luz solar es de Nor oeste y la inclinación es de 10 % y con respecto al sector de Huanipaca la exposición de la luz solar es de Nor este y la inclinación es de 15 %, la pendiente del suelo incide en la exposición a los rayos solares, a mayor pendiente produce menor cantidad de horas expuestas a los rayos solares y por ende afectan en la biosíntesis del maíz morado.

Otro factor que incide en el contenido de antocianinas del maíz morado en el sector de Circa con respecto a la variedad PVM-581 es la fertilización la cual influye en la producción de antocianinas según (Al-Badawy, et al. 1996 ) indica que la aplicación de potasio muestra un impacto en la fertilización en la síntesis de las antocianinas donde a altas concentraciones de potasio presenta menores



concentraciones de antocianinas, cabe resaltar que el abonamiento en los tres pisos ecológicos fue el mismo NPK (120-80-120), la variación que se dio se produjo debido al tipo de suelo característico de cada piso ecológico, con respecto al sector de Circa en la variedad PVM-581 influyo la asimilación de nutrientes debido a la infiltración del agua la cual es baja por lo que la asimilación de nutrientes es alta, con respecto al sector de Quitasol el cual posee una infiltración alta hace que la asimilación de nutrientes sea baja y con respecto al sector de Huanipaca en la cual infiltración de agua es moderada produce que la asimilación de nutrientes sea media a alta según. (Solano, 1999) nos dice que a concentraciones altas de potasio como son 240 kg/ha la concentración de antocianinas en la variedad PVM-581 es de 963.04 mg/100 gr. reduce la concentración de antocianinas, sin embargo a concentraciones medias de potasio como 120 kg/ha la concentración de antocianinas en la variedad PVM-581 es de 1322.2 mg/100 gr, lo cual indica que el contenido de antocianinas se ve afectado por las concentraciones altas de potasio, según (Pu Jing, et al. 2007) informa que a distintos niveles de fertilización con K en proporciones de (0-60-90 y 120) kg/ha. En la variedad PVM-581 nos brinda las siguientes concentraciones de antocianinas (1092.0, 1114.0, 1002.0 y 1011.0) mg/100 gr. por lo que a concentraciones medias de potasio habrá mayor contenido de antocianinas, con respecto a la siembra con abonamiento de CK (cloruro de potasio) en proporciones de (60 y 120) kg/ha en la variedad PVM-581 brinda las siguientes concentraciones de antocianinas (1323.0 y 1153.0) mg/100 gr.

Otro factor que incide en el contenido de antocianinas es el nitrógeno este influye en el contenido de antocianinas según (Pu Jing, et al. 2007), (Lawanson et al., 1975) informa que al reducir el regulador de crecimiento que es el nitrógeno este incrementa el contenido de antocianinas es decir que a menor concentración de nitrógeno existirá mayor contenido de antocianinas, esta afirmación es aseverada por (Gross J., 1987) donde se ha encontrado que el nitrógeno está asociado con la disminución en el contenido de antocianinas en algunas frutas, el nitrógeno que se sintetizado en sustancias como aminoácidos y proteínas interfiere con la biosíntesis de azúcares y antocianinas, con respecto a los tres sectores donde fueron cultivados las cuatro variedades de maíz morado se realizo un mismo tipo de abonamiento de NPK el cual es de (120-80-120) kg/ha, la variación se dio en el tipo de suelo el cual influyo en la asimilación de nutrientes.

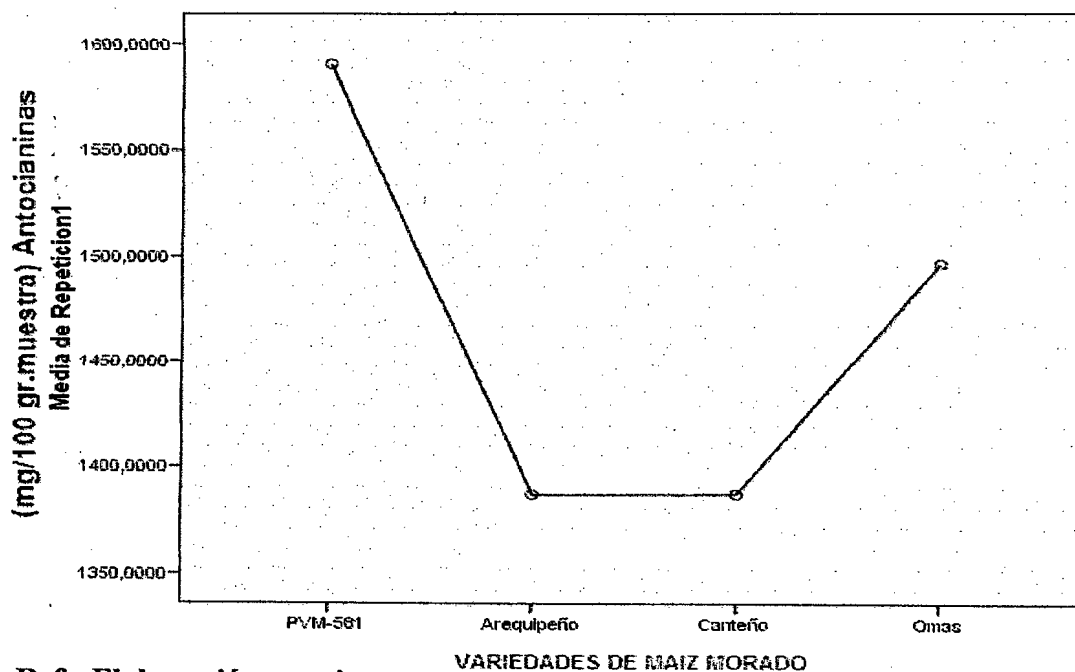


#### 4.7.1 Contenido de las antocianinas en función a las variedades

En el Grafico N° 16, 17 y 18 se muestra el promedio de antocianinas por variedad de maíz morado, las cuales se tomaron en función al contenido de antocianinas en las variedades PVM-581, Arequipeño, Canteño y Omas y como factor variable se tomo el piso ecológico, como era de esperarse el mayor contenido de antocianinas se obtuvo en la variedad PVM-581 la cual es de fácil adaptación, por los estudios realizados por (Ureña M. et al., 2001), (Pu Jing, 2006), (Cevallos et. al, 2003) y (Solano, 1999) en esta variedad de maíz morado se reportan altas concentraciones de antocianinas.

Con respecto al Grafico N° 16 en la media de la repetición N° 01 la cual fue tratada estadísticamente se observó que a un  $\alpha = 0.05$  la variedad PVM-581 obtiene un promedio de 1,590.29 mg/100 gr muestra el cual es la más alta, por otro lado la variedad que posee la menor concentración de antocianinas es arequipeño con 1,387.19 mg/100 gr muestra, con una significancia de 0.876.

**Grafico N° 16: Repetición 01 contenido de antocianinas en función a las variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos.**



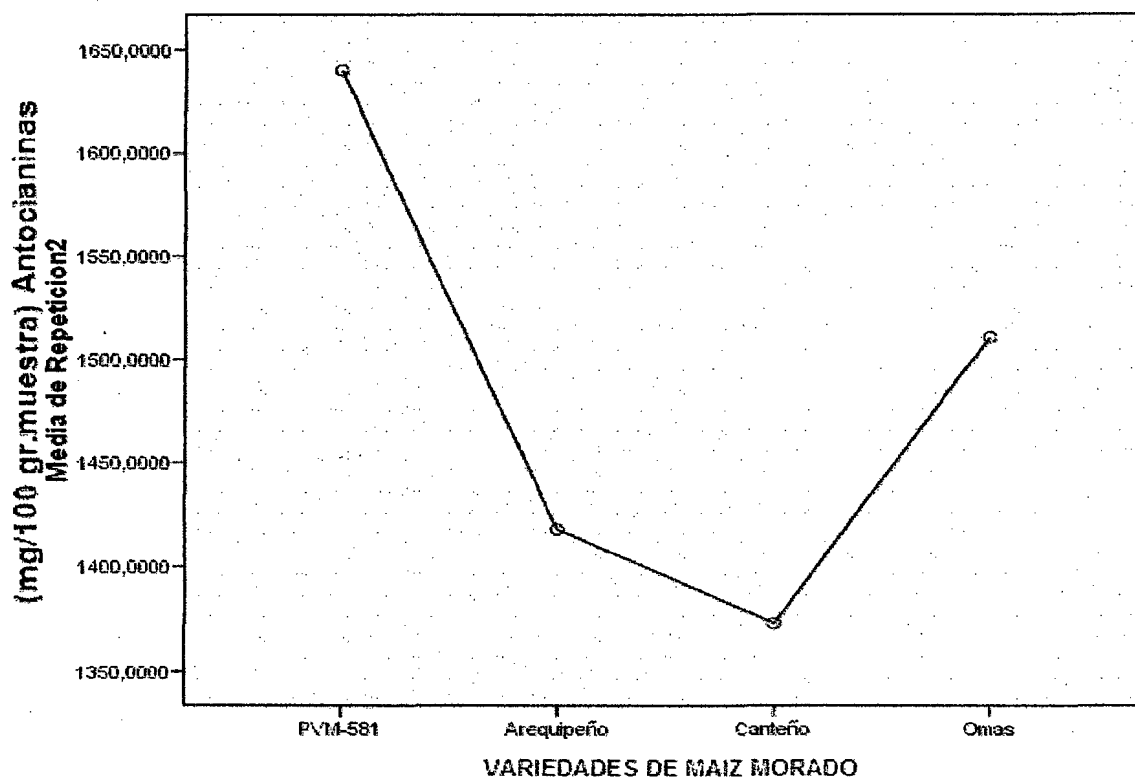
Ref.: Elaboración propia

Con respecto al Grafico N° 17 en la media de la repetición N° 02 la cual se trato estadísticamente se observa que a un  $\alpha = 0.05$  la variedad PVM-581 obtiene un



promedio de 1,640.35 mg/100 gr muestra el cual es la más alta, por otro lado la variedad que posee la menor concentración de antocianinas es Canteño con 1,372.65 mg/100 gr muestra con una significancia de 0.783.

**Grafico N° 17: Repetición 02 contenido de antocianinas en función a las variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos.**

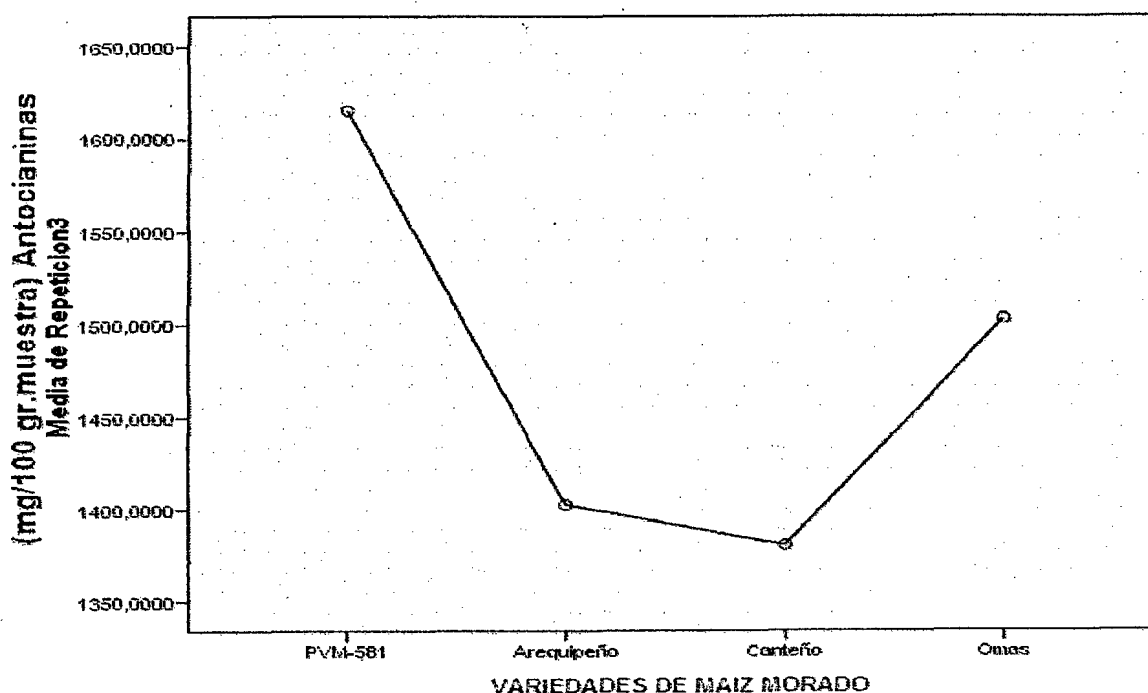


**Ref.: Elaboración propia**

Con respecto al Grafico N° 18 en la media de la repetición N° 03 la cual fue tratada estadísticamente se observa que a un  $\alpha = 0.05$  la variedad PVM-581 obtiene un promedio de 1,615.35 mg/100 gr muestra el cual es la más alta, por otro lado la variedad que posee la menor concentración de antocianinas es Canteño con 1,380.16 mg/100 gr muestra con una significancia de 0.834.



**Grafico N° 18: Repetición 03 contenido de antocianinas en función a las variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos.**



**Ref.: Elaboración propia**

Aunque se aprecian diferencias en cuanto al comportamiento de los gráficos para las concentraciones de antocianinas en función a las variedades de maíz morado, al analizar estadísticamente los resultados obtenidos se encontró que la variedad que contiene mayor concentración de antocianinas en los tres pisos ecológicos es la variedad PVM-581 y la variedad que menor concentración de antocianinas obtuvo en los tres sectores es Canteño en cuanto a la concentración de antocianinas la cual se trato con  $\alpha = 0.05$  ver Cuadro N° 25.

**Cuadro N° 25: ANOVA de la concentración de antocianinas en función a la variedad de maíz morado.**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fo	Sig.
Repeticion1	Inter-grupos	86,346.87	3	28,782.29	0.226	0.876
	Intra-grupos	1,019,471.11	8	127,433.89		
	Total	1,105,817.99	11			
Repeticion2	Inter-grupos	125,805.97	3	41,935.32	0.361	0.783
	Intra-grupos	928,757.49	8	116,094.69		
	Total	1,054,563.46	11			
Repeticion3	Inter-grupos	104,235.02	3	34,745.01	0.287	0.834
	Intra-grupos	969,713.21	8	121,214.15		
	Total	1,073,948.23	11			

**Ref.: Elaboración propia**

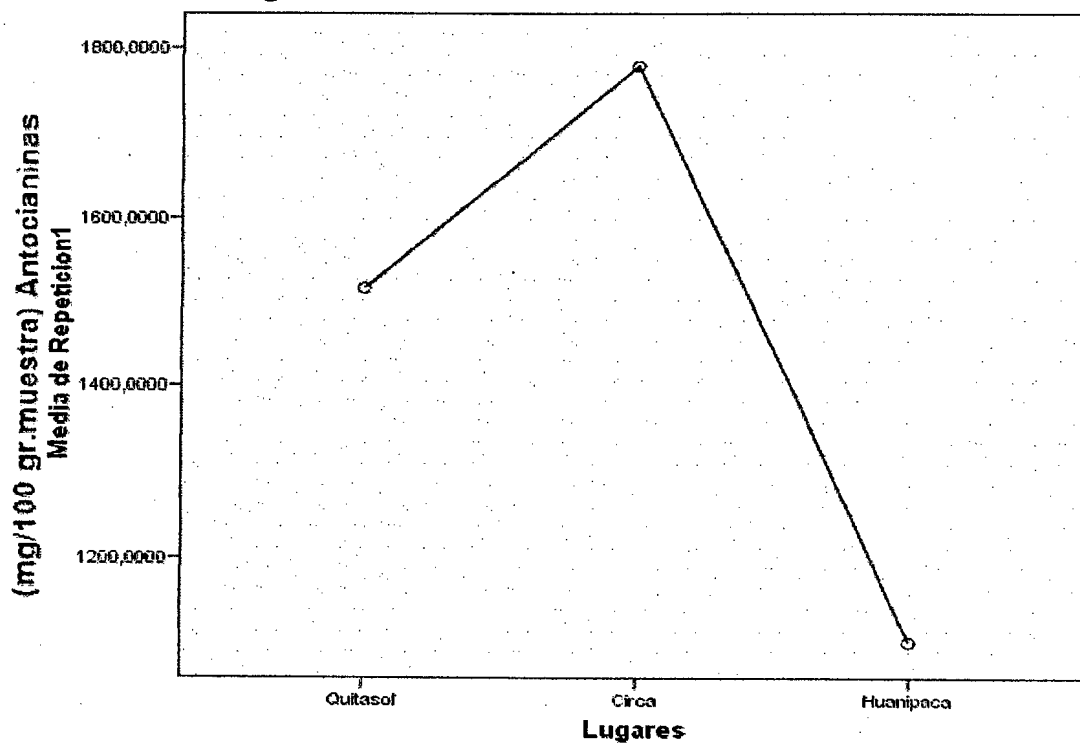


#### 4.7.2 Contenido de las antocianinas en función a los tres pisos ecológicos.

En el Grafico N° 19, 20 y 21 se muestra el promedio del contenido de antocianinas por piso ecológico, las cuales se tomaron en función al contenido de antocianinas en los sectores de Quitasol, Huanipaca y Circa, como factor variable se tomo las variedades de maíz morado, como era de esperarse el mayor contenido de antocianinas se obtuvo en el piso ecológico de Circa en cual esta ubicado a 2512 msnm la cual es de fácil adaptación esta aseveración es afirmada por los estudios realizados por (Pu Jing, 2006), (Gross J., 1987) y (Searles et al., 1995) a altitudes superiores y a condiciones climáticas adversas como las condiciones de agua, abonamiento, temperatura, viento, infecciones y el más importante de todos: la luz y rayos UV-B.

Con respecto al Grafico N° 19 en la media de la repetición N° 01 la cual se trato estadísticamente, se observa que a un  $\alpha = 0.05$  en el sector de Circa obtiene un promedio de 1,777.83 mg/100 gr muestra el cual es la más alta, por otro lado el sector en el cual existe la menor concentración de antocianinas es Huanipaca con 1,102.54 mg/100 gr muestra, con una significancia de 0.000273.

**Grafico N° 19: Repetición 01 contenido de antocianinas en función a los tres pisos ecológicos.**

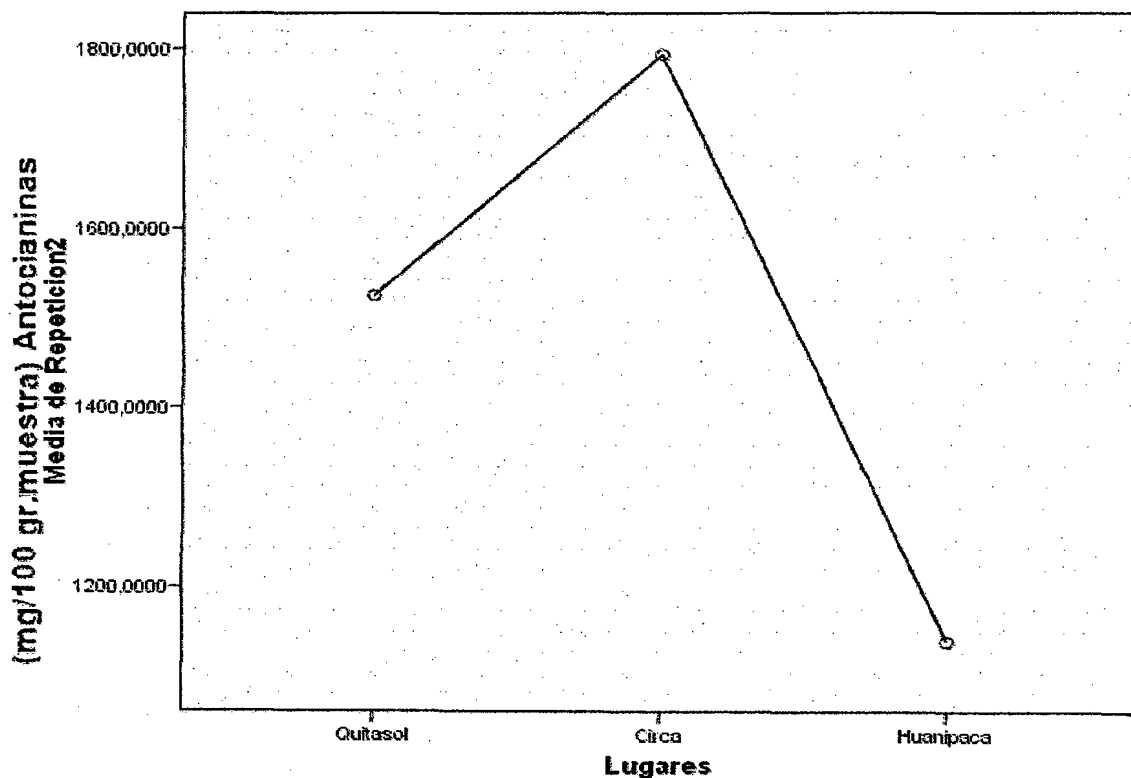


Ref.: Elaboración propia



Con respecto al Grafico N° 20 en la media de la repetición N° 02 la cual se trato estadísticamente, se observa que a un  $\alpha = 0.05$  en el sector de Circa obtiene un promedio de 1,792.62 mg/100 gr muestra el cual es la más alta, por otro lado la el sector que posee la menor concentración de antocianinas es Huanipaca con 1,139.26 mg/100 gr muestra, con una significancia de 0.000273.

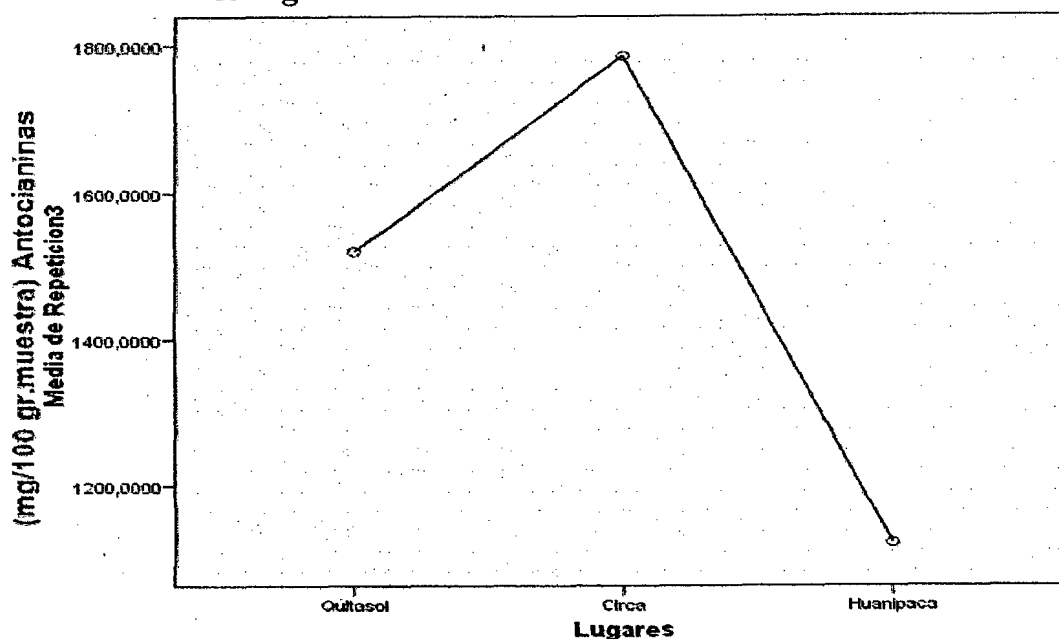
**Grafico N° 20: Repetición 02 contenido de antocianinas en función a los tres pisos ecológicos.**



**Ref.: Elaboración propia**

Con respecto al Grafico N° 21 en la media de la repetición N° 03 la cual fue tratada estadísticamente se observa que a un  $\alpha = 0.05$  en el sector de Circa obtiene un promedio de 1,785.22 mg/100 gr muestra el cual es la más alta, por otro lado la el sector que posee la menor concentración de antocianinas es Huanipaca con 1,120.91 mg/100 gr muestra, con una significancia de 0.000273.

**Grafico N° 21: Repetición 03 contenido de antocianinas en función a los tres pisos ecológicos.**



**Ref.: Elaboración propia**

Aunque se aprecian diferencias en cuanto al comportamiento de los gráficos para las concentraciones de antocianinas en función a las variedades de maíz morado, al analizar estadísticamente los resultados obtenidos se encontró que la variedad que contiene mayor concentración de antocianinas en los tres pisos ecológicos es la variedad PVM-581 y la variedad que menor concentración de antocianinas obtuvo en los tres sectores es Canteño en cuanto a la concentración de antocianinas a un  $\alpha = 0.05$  ver Cuadro N° 26.

**Cuadro N° 26: ANOVA de la concentración de antocianinas en función al piso ecológico.**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fo	Sig.
Repeticion1	Inter-grupos	927,306.40	2	463,653.20	23.376	0.000273
	Intra-grupos	178,511.58	9	19,834.62		
	Total	1,105,817.99	11			
Repeticion2	Inter-grupos	862,794.20	2	431,397.10	20.246	0.000466
	Intra-grupos	191,769.26	9	21,307.70		
	Total	1,054,563.46	11			
Repeticion3	Inter-grupos	894,417.10	2	447,208.55	22.419	0.000319
	Intra-grupos	179,531.13	9	19,947.90		
	Total	1,073,948.23	11			



#### 4.8 Estudio de estabilidad de las antocianinas

El estudio de estabilidad de las antocianinas se realizó a la variedad PVM-581 del sector de circa la cual resulto ser la variedad de maíz morado que mayor concentración de antocianinas presento, durante la extracción etanolica acida, se realizo el monitoreo durante la extracción para realizar las lecturas espectrofotométricas y poder calcular la degradación de las antocianinas en el transcurso del tiempo para cada uno de los factores probados (oxigeno y pH, luz, Temperatura) ,(The flange P. y Timberlake, 1997), (Lock Sing, 1997), (Kong J, et al. 2003).

Para lo cual se tomaron los datos de extracción en los cuadros N° 27 y 28 para la lectura en el espectrofotómetro UV visible.

**Cuadro N° 27: Datos de A pH 1, Temperatura, Tiempo y Absorbancias**

Ítem	pH	Temperatura °C	Tiempo Extracción minutos	Absorbancia A 520 nm	Absorbancia A 700 nm	Antocianinas Mg/100 gr muestra
1	1.012	8.90	19.00	1.3650	0.0210	1,893.65
2	1.09	9.15	21.00	1.3673	0.0195	1,874.87
3	1.16	9.40	23.00	1.3695	0.0180	1,856.08
4	1.23	9.95	25.00	1.3698	0.0165	1,837.29
5	1.29	10.50	27.00	1.3700	0.0150	1,818.50
6	1.36	10.68	29.00	1.3799	0.0113	1,802.90

Ref.: Elaboración propia

**Cuadro N° 28: Datos de A pH 4.5, Temperatura, Tiempo y Absorbancias.**

Ítem	pH	Temperatura °C	Tiempo Extracción Minutos	Absorbancia A 520 nm	Absorbancia A 700 nm	Antocianinas Mg/100 gr muestra
1	4.501	8.90	19.00	0.231	0.021	1,893.65
2	4.522	9.15	21.00	0.243	0.020	1,874.87
3	4.556	9.40	23.00	0.252	0.019	1,856.08
4	4.560	9.95	25.00	0.261	0.017	1,837.29
5	4.579	10.50	27.00	0.269	0.015	1,818.50
6	4.600	10.68	29.00	0.276	0.012	1,802.90

Ref.: Elaboración propia

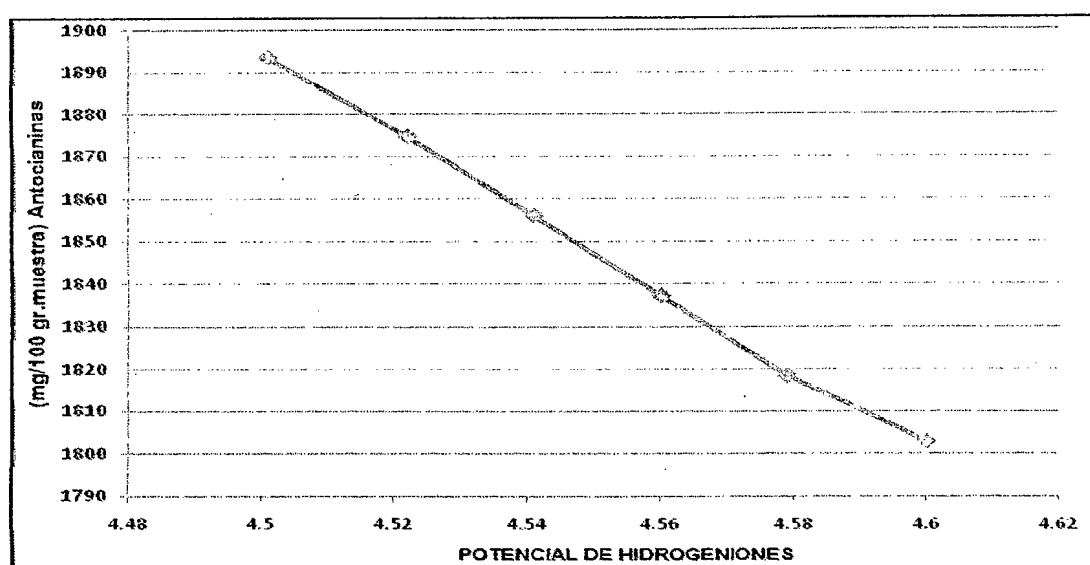


#### 4.8.1 Efecto del oxígeno a pH 4.5, luz y temperatura sobre el pigmento

##### 4.8.1.1 Efecto del oxígeno a pH 4.5

En el Grafico N° 22 se observa el comportamiento de la degradación de las antocianinas expresado en cianidina-3-glucosido en 100 gr de muestra, frente al pH y el accionar del oxígeno durante la extracción, en el cual el factor que vario fue el tiempo en función al pH 4.5, se aprecia en el grafico que la mayor estabilidad se logra a pH bajos debido a que los compuestos intervinientes como el oxígeno, azúcares y metales pesados se degradan por la concentración de hidrogeniones (Wrolstad E., et al. 2005).

Grafico N° 22: Efecto del pH a 4.5 sobre la estabilidad de las antocianinas.



Ref.: Elaboración propia

La mayor estabilidad de la cianidina-3-glucosido en la variedad PVM-581 del sector de Circa se logro con una concentración de 1,893.65 mg/100 gr muestra en un tiempo de 19 minutos y la de menor estabilidad se dio en un tiempo de 29 minutos con una concentración de 1,802.90 mg/100 gr muestra, según se observa en el Grafico N° 22 a mayor sea el tiempo de exposición al medio ambiente, mayor será la degradación de las antocianinas ya que el oxígeno amplifica el impacto de otros procesos de degradación oxidativa en la figura N° 10 se observa la conversión de las antocianinas por acción del pH, debido al aumento de oxígeno en la estructura de la antocianina los cuales se degradan y convierten a las antocianinas en azúcares y carbohidratos simples, según (Wrolstad Ronald E., et al. 2005) indica que la estabilidad de las antocianinas cianidina-3-glucosido se da a un pH de 4.5, según (Jackman y Speers, 1987) dice que el



oxígeno en las antocianinas puede tomar lugar a través del mecanismo de la oxidación directa y/o a través de oxidación indirecta donde los componentes oxidados de los medios de comunicación llevan más allá reaccionado con las antocianinas que da lugar a los productos descoloridos o castaños.

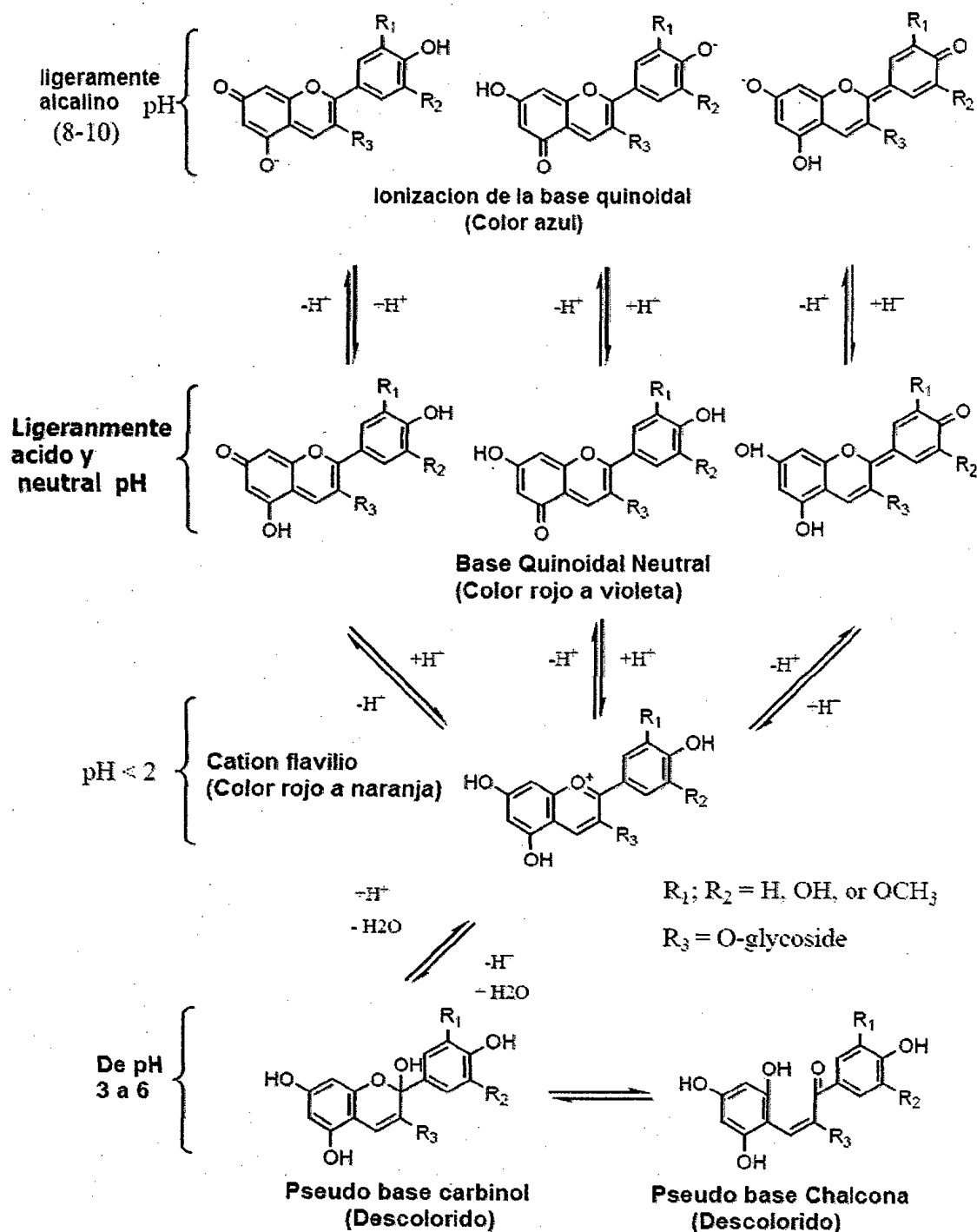


Fig. N° 10: Conformación de antocianinas en variación de soluciones ácidas Ref.: Attoe y Von Elbe, (1981)

Según (Attoe y Von Elbe, 1981) nos dice que la luz induce a la degradación de antocianinas, es dependiente sobre el oxígeno molecular y el pH. Según (Mazza 1997, Brouillard, 1982, Sarni-Manchado et al. 1997) nos dicen que la forma más estable de antocianinas es el catión flavilio el cual se da a pH 1.0, donde los niveles del pH bajos son preferibles para la retención de antocianinas ya que la degradación no se da por que la antocianina esta en forma de sales y todas sus estructuras están saturadas con iones de hidrogeno.

#### 4.8.1.1 Efecto de la luz

La estabilidad de la cianidina-3-glucosido con la incidencia de la luz sobre su estructura muestra la degradación de estas que a mayor tiempo de exposición a la luz la degradación se irá incrementando exponencialmente donde a un tiempo de exposición de 19 minutos se logro una concentración de antocianinas 1,893.65 mg/100 gr muestra expresado en cianidina-3-glucosido donde se obtuvo la mayor estabilidad y a los 29 minutos de exposición se obtuvo una concentración de 1,802.90 mg/100 gr muestra.

También se puede apreciar que la degradación es gradual debido a otros factores como la presencia de oxígeno y la temperatura de acuerdo al tiempo de exposición a estos factores que juegan un rol muy importante en la degradación de las antocianinas.

La causa de la diferencia en concentraciones de antocianinas es por el tiempo de exposición a la luz del extracto de antocianinas, donde a mayor tiempo de exposición habrá mayor degradación y menor estabilidad de las antocianinas, según (Adams, 1973) afecta la estabilidad de estas debido a que la luz destruye las estructuras induciendo a la perdida de las mitades del glicosil, se debe a que la luz altera la estructura de las antocianinas, inactivando las enzimas, destruye y genera radicales libres, según (Markakis, 1982). La luz afecta las antocianinas de dos maneras diferentes. La luz es esencial para la biosíntesis de las antocianinas, pero también acelera su degradación, según (Talcott, 2003) nos dice que en el caso de la luz ultravioleta las antocianinas son sensibles ya que al ser expuestas produce una degradación exponencial, según (Ballinger y Kushman, 1970) nos dice que en su investigación exponiendo el extracto de antocianinas a luz ultra violeta, mostró que las muestras expuestas entre 0 y 16 días,

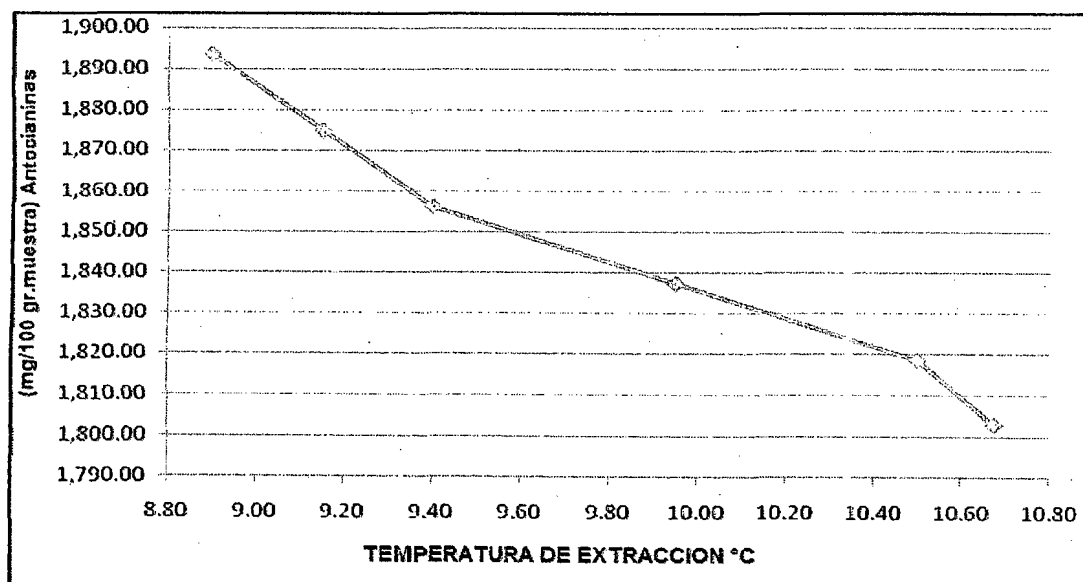
consiguieron una gran pérdida de hasta 90 % de antocianinas que ocurrió durante los primeros cuatro días.

#### 4.8.1.1 Efecto de la temperatura

En la Grafico N° 23 se muestra el comportamiento de la estabilidad de las antocianinas frente a las condiciones de temperatura donde a 8.90 °C se dio la mayor estabilidad con una concentración de 1,893.65 mg/100 gr muestra, mientras que la menor estabilidad se dio a una temperatura de 10.68 °C con una concentración de antocianinas de 1,802.90 mg/100 gr muestra expresados en cianidina-3-glucosido, se puede observar claramente que la degradación de antocianinas es gradual en donde a menor temperatura se logra la mayor estabilidad.

Por otro lado se demuestra que la temperatura fue el factor más determinante durante el estudio de estabilidad donde los niveles de degradación son más altos debido a que la separación de compuestos por acción de la temperatura y el oxígeno se dan en mayor proporción, en comparación con los otros dos factores (luz, Oxígeno, pH).

**Grafico N° 23: Efecto de la temperatura sobre la estabilidad de las antocianinas.**

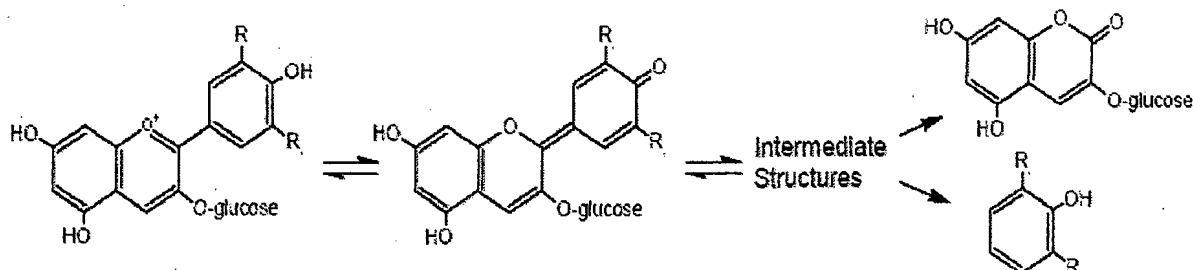


Ref.: Elaboración propia

La causa de la degradación de las antocianinas frente a la incidencia de la temperatura se debe a que el levantamiento de temperatura induce a la pérdida de las mitades del glucosil de las antocianinas donde estas a pH bajos son inducidas a



hidrólisis se puede observar en la figura N° 11, según (Markakis et al., 1957; Adams, 1973) nos indican que la degradación de las antocianinas frente a la temperatura induce a la pérdida extensa de color. Se postula que la formación de un chalcona es el primer paso en la degradación termal de antocianinas.



**Fig. N° 11: Degradación del mono glucósido a pH 3.7 acelerado por el calor Ref. Markakis et al., 1957; Adams, 1973)**

Según (Tanchev, 1974) nos dice que la temperatura afecta la estabilidad de las antocianinas, la cinética calorífica de degradación de antocianinas muestra un incremento logarítmico en la destrucción de las antocianinas sucede con un incremento de la temperatura, según (García-Viguera et al. 1998, García-Viguera et al. 1999) mostró que en congelación a (-20 °C) tienen pequeños efectos en la concentración de antocianinas. Las temperaturas entre helar y hervir permiten pérdida gradual de anthocyanins (Seeram et al. 2001). Según (Kong J, et al. 2003) demostraron que la temperatura afectan la estabilidad de las antocianinas degradando y destruye una gran parte de las estructuras de las antocianinas, según (Nebesky, 1949) nos dice que la presencia de oxígeno junto con la temperatura elevada amplifican la degradación de las antocianinas perjudicando la coloración de néctares, jugos de frutos, vallas y la chicha morada de distintos tipos de antocianinas aisladas

#### 4.7.4 Obtención del extracto de las antocianinas de maíz morado

Se realiza una extracción del marlo : agua (solución acidulada con un pH de  $3 \pm 0.2$ ), para ello fue necesario realizar una primera extracción (extracto I), donde el marlo previamente molido (partículas 2 mm) fue introducida al agua acidulada y se realizó la extracción a temperatura de 8 a 12 °C, el cual se refrigeró de 18 a 24 horas luego se obtuvo el primer filtrado (filtrado I) y el residuo o torta fue sometido a una segunda extracción (extracto II) con agitación de 60 rpm en caliente a una temperatura



de constante de 89 °C por un tiempo de 5 minutos, en un solución acidulada a pH  $3 \pm 0.2$  siendo este el mecanismo de dilución : obteniéndose el filtrado I y filtrado II, se mezcla para obtener el volumen de extracto final que da como resultado 200 ml.

#### 4.7.4.1 Cuantificaciones de antocianinas en el extracto de marlo de maíz morado

Habiéndose determinado la metodología de extracción y purificación en el Anexo 05 logrando de este modo extraer los compuestos solubles de acuerdo al ítem 3.5.9 teniendo como base la extracción en 25 gr de muestra de marlo considerando dos diluciones (extracto I y extracto II) de acuerdo a la metodología aun pH  $3 \pm 0.$ , que al realizarse los análisis de cuantificación de antocianinas.

Se puede observar en el Cuadro N° 29 los resultados de la extracción de antocianinas de la variedad PVM-581 del sector de Circa que tiene una concentración de 1201.15 mg/100 gr muestra en el extracto con un tiempo promedio de 6.40 minutos con una temperatura promedio de 88.67 °C, realizando una comparación al Grafico N° 15 con el contenido inicial de antocianinas extraído en frio el cual es  $1,856.08 \pm 20.45$  mg/100 gr el cual tienen un tiempo de extracción de 24 minutos a una temperatura de 9 °C, se considera una pérdida del 35.29 % básicamente debido a la temperatura la cual degrado las antocianinas, según (Belitz, 1988), (Huayhua, 2008) indica que el ácido cítrico es un aditivo que va a dar estabilidad a las antocianinas, evitando el deterioro, actuando como un cooperador de los antioxidantes.

**Cuadro N° 29: Concentración de antocianinas del extracto de maíz morado**

	pH	Temperatura °C	Tiempo Extracción minutos	Antocianinas mg/100 gr muestra
Rep. 1	3.01	89	6.76	1,136.57
Rep. 2	3.02	88	6.44	1,245.87
Rep. 3	3.01	89	6.02	1,221.02
<b>PROMEDIO</b>		88.67	6.40	1201.15

Ref.: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que las mejores condiciones del suelo y climáticas que influyen en el contenido de antocianinas se ubican en el sector de Circa con 0.5 cm/hr, retención de nutrientes, inclinación del suelo 5 %, con una temperatura de 18 y una humedad relativa de 65 %.
2. Según la caracterización física las mayores dimensiones de maíz morado en las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos se tienen lo siguiente: la variedad Omas del sector de Circa tiene un largo de  $15.20 \pm 1.27$  cm, la variedad Arequipeño del sector de Huanipaca tiene un diámetro de mazorca de  $4.76 \pm 0.12$  cm, la variedad PVM-581 del sector de Circa tiene la mayor cantidad de hileras con  $10.76 \pm 2.51$ , la variedad Canteño del sector de Quitasol tiene la cantidad de granos por hileras de  $27.0 \pm 2.89$  granos,
3. Se determino que los mayores volúmenes de producción de marlo se dieron en los pisos ecológicos Quitasol en la variedad PVM-581 con 16.82 %, en Huanipaca la variedad PVM-581 consiguió un valor de 16.11 %, en Circa la variedad Canteño consiguió un valor de 16.86 %.
4. Se determino las mayores concentraciones de antocianinas en la variedad PVM-581 del sector de Quitasol donde reporto  $1,743.37 \pm 2.73$  mg/100 gr de antocianinas, en Huanipaca la variedad PVM-581 reporto  $1,246.54 \pm 17.70$  mg/100 gr de antocianinas, en Circa la variedad PVM-58 reporto  $1,856.08 \pm 20.45$  mg/100 gr de antocianinas.
5. Se extrajo y cuantifico antocianinas de las cuatro variedades de maíz morado de los tres pisos ecológicos donde presenta antocianinas en el orden de  $927.62 \pm 7.73$  a  $1,856.08 \pm 20.45$  mg/100 gr muestra, siendo la variedad PVM-581 del sector de Circa la que presenta mayor concentración de antocianinas con  $1,856.08 \pm 20.45$  mg/100 gr muestra

6. Con respecto a la estabilidad de las antocianinas se dio la mayor estabilidad frente al oxígeno a pH 4.5, a la temperatura y luz a las siguientes condiciones: a un tiempo de 19 minutos y a una temperatura de 8.90 °C se obtuvo la mayor extracción con 1,893.65 mg/100 gr muestra y la menor degradación oxidativa de la cianidina -3 -glucósido.
7. Con respecto a la estabilización de las antocianinas se logró establecer una metodología para la extracción, por lo que se sometió a una solución de agua y ácido cítrico a un pH de  $3 \pm 0.2$  a una temperatura promedio de 88.67 °C se logró obtener una concentración de 1201.15 mg/100 gr de muestra, la cual se estabilizó con ácido cítrico.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el cultivo de la variedad arequipeño en el sector de Circa para obtener mayores volúmenes de producción, por otro lado para obtener mayores concentraciones de antocianinas se recomienda la variedad PVM-581.
2. Se recomienda el cultivo de la variedad de maíz morado Canteño en el sector de Huanipaca para obtener mayores volúmenes de producción, por otro lado para obtener mayores concentraciones de antocianinas la variedad PVM-581.
3. Se recomienda el cultivo de maíz morado Arequipeño en el sector de Circa para obtener mayores volúmenes de producción, por otro lado para obtener mayores concentraciones de antocianinas se recomienda cultivara la variedad de maíz PVM-581.
4. Se recomienda el cultivo de la variedad PVM-581 para obtener mayores concentraciones de antocianinas en los tres pisos ecológicos en la provincia de Abancay con abonamiento de NPK (120-80-120), en suelo con infiltración menores a 2.5 ml/hr y a pendientes menores al 10 %.
5. Se recomienda extraer las antocianinas a pH bajos menores a 3.0 ya que tienen mayor estabilidad son estables en su forma de cationes o sales de flavilio (rojo).
6. Se recomienda la utilización como colorante para el uso alimentario, esto se tienen que ser envasados en envases de color ámbar para eviar su degradación con la luz.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Adams J.B. (1973).** Thermal degradation of anthocyanins with particular reference to the 3-glycosides of cyanidin. I. In acidified aqueous solution at 100 deg. *J Sci Food Agric* 24: 747-762.
2. **Acero, S. A. y Díaz M. A. J. (2004).** "Investigación para conocer la adaptación de 5 variedades de Maíz morado en las localidades de Chuquibamba, Siguis, y San Felipe, en el distrito de Cachari", Provincia de Cajabamba, Investigación de PYMAGROS, Cajabamba-Perú.
3. **Ahston, F. y A.S. Crafts. (1981)** Mode of Action of Herbicides. *Awiley-Interscience Publication. New york. p. 85.*
4. **Aldrich, S. y Leng, E. (1974)** Producción moderna del maíz . 1ra. Ed. Hemisferio Sur Buenos Aires, Argentina. P. 35.
5. **Al-Badawy, A. A.; El-Sayed, A. A.; Abdel-Malik, M. H.** The Combined Effect of NPK Fertilization and Some Growth Regulators on Roselle Plants; Part 2: Chemical Composition; *Proceedings of the Plant Growth Regulator Society of America; Plant Growth Regulator Society of America: La Grange, GA, 1996; Vol. 23, pp 307-312.*
6. **Análisis de humedad (A.O.A.C. 1995)** por. A.O.A.C. 15th editado 1990.
7. **Aoki, H.; Kuze, N.; Kato, Y. (2002)** Anthocyanins isolated from purple corn (*Zea mays* L.). *Foods Food Ingredients J. pn., 199, 41-45.*
8. **Attoe EL, Von Elbe JH. 1981.** Photochemical degradation of betanine and selected anthocyanins. *J Food Sci P. 46: 1934-1937.*
9. **Ballinger, W.E. and Kushman, L.J. (1970).** "Relationship of Stage of Ripeness to Composition and Keeping Quality of Highbush Blueberries." *J. Amer. Soc. Hort. Sci. Vol. 95, , P. 239-242.*
10. **Belitz y Grosch. (1988),** "Química de los alimentos". Ed. Acrivia-España: Zaragoza



11. **Cevallos-Casals BA, Cisneros-Zevallos L. (2003).** Stoichiometric and the kinetic studies of anti-rust of the phenolic of the corn of the Andean purple and the red-fleshed sweet potato. *The J Agric Eaten Chem.*; P. 51(11):3313-3319.
12. **Chalker-Scott (1999) L.** Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochem. Photobiol.*, 70 (1), 1-9.
13. **Cupe, J. (1982).** Comparacion de regimenes de riego y niveles de nitrogeno en dos hibridos de maíz (PM-204, PM-701). U.N.A. La Molina. Tesis Ing. Agrónomo.
14. **Dangles O, Saito N, Brouillard R. (1993).** Kinetic and thermodynamic control of flavylum hydration in the pelargonidin-cinnamic acid complexation. Origin of the extraordinary flower color diversity of *Pharbitis nil*. *J Am Chem Soc*, P. 115: 3125-3132.
15. **Daravingas, G. Cain, R.F. (1968).** Thermal degradation of black raspberry anthocyanin pigments in model systems. *J Food Sci* 33: 138-142.
16. **Davies, D. (1987).** *The Biochemistry of Plants. Physiology of Metabolism.* Academic Press. San Diego. P. 260.
17. **Doorenbos y Kassam, (1979)** Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio F.A.O.: Riego Y Drenaje N° 33. Roma. P. 194
18. **Delgado Espinoza J. (1987),** "Ensayos sobre uso de microencapsulantes en secado por atomización de concentrados de maíz morado (*Zea mays L.*)". Tesis de la Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima (Perú). Facultad de Industrias Alimentarias P. 67, 84.
19. **Fenema, Owen R. (1993)** "Química de alimentos", Editorial Acribia Zaragoza, España. P. 807,809, 810.
20. **Fossen, R. Slimestad y O. M. Andersen (2001).** *J. Agric. Food Chem.*, 49, 2318-2321.
21. **Fuleki, T. y Francis, F. (1968)** "Quantitative methods for anthocyanins. , I. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberry juice ". *Journal food science*. Vol 33(1). P 72.



22. **Fuleki, T. y Francis, F. (1968)** "Quantitative methods for anthocyanins. , II. Determination of food anthocyanins and degradation. Index for cranberry juice ". Journal food science. Vol 33(1). P. 79.
23. **Garcia-Viguera, C. Zafrilla, P. y Tomas-barberan. (1998)** "The use of Acetone as an Extraction Solvent for Anthocyanins from Strawberry Fruit." *Phytochem. Anal.* Vol. 9, 274-277
24. **Giusti Mónica y Wrolstad Ronald E., (2001).** Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy, Department of Food Science and Technology, Wiegand Hall, Oregon State University, Protocol básico (1). F1.2.1-F1.2.13.
25. **Grunerberg, F. H. (1959)** Nutricion y fertilización del maíz. Boletín verde N° 09, Publicado en Alemania por Verlagsgesellschaft fur ackerban. MBH-hannover. P 46.
26. **Gross, J. (1987)** Pigments in Fruits. First Edition. Academic Press. London. P. 59-84.
27. **Harold, k. Wilson y chester a. Rocher, (1965)** Producción de cosechas, editado por Compañía Editorial Continental S.A, primera edición editado en México, P. 88-90, 100, 236-237.
28. **Harborne, J. (1967)** Comparative biochemistry of the flavonoids. First Edition. Academic Press. England. p. 320.
29. **Huayhua, P. Tatina, A. (2008)** "Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante en la elaboración de una bebida Ref.rescante a partir de extracto de tusa de maíz morado (*Zea mays L.*)". Tesis de la Universidad Nacional San Cristóbal De Huamanga, Ayacucho (Perú). Escuela de formación profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. P. 49-60.
30. **INCAGRO, Segundo. J., Segundo A., Sánchez C.,** zonificación ecológica codificada de áreas potenciales para el cultivo de maíz morado. Abancay Perú, Ideas Consultores S.R.L, 2008, P. 6,7, 11-14, 86-90, 104-108.



31. **Jackman, R.L, Yada, R.Y. Tung M.A., Speers R.A. (1987).** Anthocyanins as food colorants - a review. *J Food Biochem*, P. 11: 201-247.
32. **Jones K. (2005).** The potential health benefits of purple corn. *HerbalGram*, P. 65, 46-49.
33. **Julien D. (2000)** "Why are roses shoots red" (en línea). Rose Petals The Official website for the Seattle Rose Society. Publicado en: (consulta 25 de mayo del 2008) [www.bminet/roseguy/redshoot.html](http://www.bminet/roseguy/redshoot.html).
34. **Krifi B., Chouteau F., Boudrant J., Metche M. (2000).** Degradation of anthocyanins from blood orange juices. *Int J Food Sci Techn* 35: 275-283.
35. **Kong J., Chia L., Goh N., Chia T. y Brouillard R. (2003).** Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry.P*; 64:923-933.
36. **Lawanson, A. O., B. B. Akindele, P. B. Fasalojo & B. L. Akpe. 1972.** Time-course of anthocyanins formation during deficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium in seedlings of *Zea mays* Linn. var. E. S. 1. *Z. Pflanzenphysiol.* 66: 251-253.
37. **Langston M.S., Wrolstad RE. (1981).** Color degradation in an ascorbic acid-anthocyanin-flavanol model system. *J Food Sci*, P. 46: 1218, 1222, 1236.
38. **Lee W. (1997),** "Red coloration in leaves of everglades plants". En Walt Dineen Society Annual Conference 1997 session 1: Upland Plants Abstract N° 97105. Lades. *Fiu. Edu/ everglades. Fiu.edu/dineen/97105.html* Information Network y digital library. Florida International university.
39. **Lock Sing De Ugaz Olga, ( 1997).** "Colorantes Naturales", primera edición, editado por La Pontificia Universidad Católica del Perú, p. 208, 210.
40. **Macheix, J.-J.; Fleurut, A.; Billot, J.; (1990)** *Fruit Phenolics*; CRC Press; Boca Raton, Florida,
41. **Martines P. Miguel y Tico R. Luis, (1974)** *Agricultura Practica*, Editado por editorial Ramón Sopena S.A., Barcelona- España, p. 74-77, 128, 277-289.

42. **Mazza G. y Miniati E. (1993).** Anthocyanins in the Fruits, Vegetables, and Grains. Mouth Mouse, FL,: CRC Press.
43. **Markakis P. (1974).** Anthocyanins and their stability of anthocyanins in foods. Edit. CRC. Critical reviews in food technology. P.347-456.
44. **Markakis P. (1982).** Stability of anthocyanins in foods. In: Anthocyanins as Food Colors. Markakis P (ed.), Academic Press Inc., New York, P.163-178.
45. **Meschter E.E. (1953).** Effects of carbohydrates and other factors on color loss in strawberry products. J Agric Food Chem, P.1: 574-579.
46. **Moyer, R. A., Hummer, K. E., Finn, C. E., Frei, B. y and Wrolstad, R. E. (2002).** Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50, 519-525.
47. **Nakatani, N., Fukuda, H., y Fuwa, H. (1979).** Major anthocyanin of Bolivian purple corn (*Zea mays L.*). Agricultural and biological chemistry, P. 43, 389-391.
48. **Nebesky E.A., Esselen WB, Jr., McConnell JEW y Fellers C.R. (1949).** Stability of color in fruit juices. Food Research, P. 14: 261-274.
49. **Pasotti, Natalia S. (2006).** "Espectrofotometría Visible – Ultravioleta" Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura (consulta 05 de junio del 2008) <http://wwwprof.uniandes.edu.co/~infquimi/ANALISIS/espectrofotometria/espectrofoto.htm>
50. **Pedreschi Romina, Cisneros Z. Luiz (2007).** Phenolic profiles of andean purple corn (*Zea mayz L.*). J Am Chem Soc, P. 100: 956-963.
51. **Pu Jing (2006)** "Purple corn anthocyanins: chemical structure, chemoprotective activity and structure/function relationships" Thesis the of Ohio State University,ohio (Estados Unidos). P. 151.
52. **Pu Jing, Victor Noriega, Steven J. Schwartz, y Monica Giusti,** Effects of Growing Conditions on Purple Corn cob (*Zea mays L.*) Anthocyanins, Department of Food Science and Technology, The Ohio State University, 2015 Fyffe Road,

- Columbus, Ohio 43210-1096, and Departamento de Fitotecnia, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Peru J. Agric. Food Chem. 2007, 55, 8625–8629
53. **Salisbury, F. y C. Ross. (1994).** Fisiología vegetal. Grupo editorial iberoamericano. México. P. 759.
  54. **Salinas M. Yolanda (2003)** “Efecto De La Nixtamalización Sobre Las Antocianinas del Grano De Maíces Pigmentados” Publicado como ENSAYO en Agro ciencia 37: 617-628. 2003.
  55. **Salinas M. Yolanda (2005)** “Extracción y uso de pigmentos del grano de maíz (*Zea mays L.*) Como colorantes en yogur” tesis de la universidad de Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo - México. Dpto. de Ingeniería Agroindustrial. (Consulta 25 de mayo del 2008).  
  
<http://www.alanrevista.org/ediciones/2005-3/pigmentosmaizcolorantesyogur.asp>
  56. **Searles, P. Caldwell, M. y Winter. (1995)** The response of five tropical Dicotyledon species to Solar Ultraviolet-B Radiation.. American Jornal of Botany. 82(4): 445-453.
  57. **Sevilla Panizo Ricardo Y A. Valdez (1985)** “Manual del cultivo y estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado”. Fopex. Lima-Perú. P. 6-10.
  58. **Seeram, N.P. Bourquin, L.D. and Nair, M.G. (2001).** “Degradation Products of Cyanidin Glycosides from Tart Cherries and Their Bioactivities,” J. of Agricultural and Food Chemistry, Vol 49, 4324-4929
  59. **Shirai T. (1982)** “Principio activo del maíz morado” de la facultad de medicina de la Universidad de Nagoya y la empresa San Ei Gen En Japon. Vol I, P. 3-6.
  60. **Solano Morales, R. (1999)** “ Efecto de la fertirrigación N-P-K en el rendimiento y el contenido de antocianina de tres variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) bajo R.L.A.F.: goteo.”. Tesis de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru). Facultad de Agronomía. P. 91.
  61. **Starr MS, Francis FJ. (1974).** Effect of metallic ions on color and pigment content of cranberry juice cocktail. J Food Sci, P.38: 1043-1046.

62. **Taiz y Zeiger, (1991)** "Plant Physiology". The Benjamin Cummings Publishing Company, New York. P 105-109.
63. **Talcott S.T., Brenes C.H., Pires D.M., Del Pozo-Insfran D. (2003).** Phytochemical stability and color retention of copigmented and processed muscadine grape juice. *J Agric Food Chem*, P. 51: 957-963.
64. **Tanchev, S. and Ioncheva, N. (1974).** "Products of Thermal Degradation of the anthocyanins Cyanidin-3-glucoside, Cyanidin-3-rutinoside, and Cyanidin-3-sophoroside" *Die Nahrung*, Vol. 20, No. 10, 889-893
65. **Thakur BR, Arya SS. (1989).** Studies on stability of blue grape anthocyanins. *Int J Food Sci Tech* 24: 321-326.
66. **The Brack-egg A. (1999).** *Encyclopedic Dictionary of Useful Plants Peru*. Cuzco, Perú,: de Printing Centers Bartolomé de las Casas; P. :537-538.
67. **The flange P., Timberlake CF. (1997).** Anthocyanins like the colours of food natural-selected the aspects. *The food Chem.P*; 58 (1-2):103-109.
68. **Tsuda T., Horio F., Osawa T. (2002).** Cyanidin 3-or-b-D-glucoside it suppresses the production of the nitric oxide during the treatment of the zymosan in the rats. *J the Nutr Sci Vitaminol*.48 (4):305-310.
69. **Ureña Milver, Herrera José C. (2001)** "Ahorro energético en la extracción por lixiviación del pigmento del maíz morado *Zea mayz L.*" Tesis de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Facultad en industrias alimentarias. P. 68.
70. **Wang H., G.Cao, R. L. Pior (1996)** "Total antioxidant capacity of fruits." *J. Agric. Food Chera* 44.701, 705.
71. **Wrolstad Ronald E., Robert W. Durst y Jungmin Lee (2005)** "Tracking color and pigment changes in Anthocyanin products " Department of Food Science and Technology, Wiegand Hall, Oregon State University Vol 16(1).P.423-428.



## ANEXO N° 01

### 1. DETERMINACIÓN DE DIMENSIONES DE MARLO Y GRANO

#### 1.1 Metodología

Este método se basa en la determinación de características físicas de cada marlo de maíz morado.

#### 1.2 Materiales

- Vernier
- Regla
- Escuadra

#### 1.2 Procedimiento

- Tomar una muestra de maíz morado y ubicarlo sobre una superficie lisa y clara.
- Tomar una regla de 30cm y dos escuadras de 15 cm y colocar la regla de 30 cm. Al costado del maíz morado horizontalmente, luego ubicar las escuadras una en la base del maíz y la otra en la superficie.
- Se procede a correr la escuadra en la regla de 30 cm hasta que toque el maíz morado y se toma la lectura de la regla de 30 cm.
- Se tomara datos de diámetro de marlo y largo de mazorca.
- En el caso de los granos se utilizara 100 gr. De muestra y de estos se medirá con un vernier el ancho y alto

## ANEXO N° 02

### 2. DETERMINACIÓN DEL PESO

#### 2.1. Metodología

Para este procedimiento se tomarán las magnitudes físicas de peso del marlo y de los granos.

#### 2.2. Procedimiento

- Efectuar el control calibrando previamente la balanza digital.
- Se pesará toda la muestra luego de esto se procederá al desgranado del maíz morado sobre una superficie lisa y clara.
- Se procede a pesar los granos por separado en una balanza digital de 15 kg. de resolución 0.01 mg y el marlo el cual será anotado.
- Este control se realizara con el total de la muestra, el cual una vez pesado se anotaran los datos de los granos y el marlo.
- Los granos serán puestos en bolsas de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) de sierre a presión, de igual manera el marlo debidamente rotulados y codificados.

#### 2.3. Cálculo

$$\%R = \frac{M_1}{M_2} \times 100 \dots \dots \dots (06)$$

Donde:

**M1: Peso de marlo o de granos**

**M2: Peso de la muestra**

El resultado será expresado en función al porcentaje de la cantidad de muestra total tanto para los granos como para el marlo.



## ANEXO N° 03

### 3. DETERMINACION DE LA HUMEDAD

El método es aplicable a todos los productos alimenticios excepto los que contengan compuestos volátiles distintos al agua o a los que son susceptibles a la descomposición a 100 C° como es el caso de vegetales frescos.

#### 3.1 Materiales y equipos de laboratorio

- Placa petri
- Estufa
- Desecador de vidrio
- Pintas de metal
- Balanza digital

#### 3.2 Procedimiento

Se pesa la placa petri y luego se agrega 5 gr. De muestra, colocar en una estufa a 100 C° por 2 horas y media luego se deja en el desecador por 30 minutos sin destapar las placas petri. Por la diferencia de peso se obtiene la humedad de la muestra luego se lleva a porcentaje la determinación de materia prima seca se hace por diferencia de peso entre el peso inicial de la muestra (100 %) y el porcentaje de humedad hallado, obteniéndose de esta manera y en forma directa el porcentaje de materia seca.

#### Cálculos:

1. Peso de la placa petri
2. Peso total = Peso de la placa + Peso de la muestra
3. Peso final = después que sale de la estufa

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso final}}{\text{Peso muestra}} \times 100$$



## ANEXO N° 04

### EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS POR SOLVENTES

#### 1. Metodología

Para esta operación se utiliza solventes, los cuales solubilizar las antocianinas de la estructura del marlo del maíz morado, el método es propuesto por (FULEKI, Y FRANCIS, 1968).

#### 2. Procedimiento

Para la extracción de antocianinas se utiliza el siguiente método.

- Se pesa 25 gr de marlo de maíz morado (P) seca y molida, luego en un erlenmeyer se adiciona 100 ml. de una solución de extracción, que consiste en HCL de 1.5 N: etanol 96 % (5:17), ya incorporada la muestra, se agita constantemente.
- El erlenmeyer con la muestra y la solución acida deben reposar en aproximadamente de 18 a 24 horas en la oscuridad a 8° C, para lograr la mayor extracción.
- Luego se arma el sistema al vacío de filtración con el papel Watman N° 1 y se extrae el colorante, se enjuaga el erlenmeyer y el filtro con la solución de extracción y se enrasa a 200 ml (V1)

## ANEXO N° 05

### CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS

#### 1. Metodología de espectrofotometría UV visible

Para este análisis la metodología es la siguiente se realiza mediante la irradiación de luz a través de una columna la cual contienen la muestra, la lectura que emite es la absorbancia o la capacidad de luz que puede pasar a través de la muestra, se utilizara la siguiente formula propuestas por (Fuleki, y Francis, 1968) para la extracción de antocianinas para el maíz morado el cual es el método de pH diferencial.

#### 2. Procedimiento

##### 2.1 Preparación de reactivos

a) **Buffer pH 1.0** (cloruro de potasio 0.025 M).- pesar 1.86 g de KCl en un beaker, agregar agua destilada hasta los 980 ml. Medir el pH y ajustar con HCl concentrado a pH 1.0, transferir a un probeta de 1 L y enrasar con agua destilada.

b) **Buffer pH 4.5** (acetato de sodio 0.4 M).- pesar 54.43 g de  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  en un beaker, agregar agua destilada hasta los 960 ml. Medir el pH y ajustar con HCl concentrado a pH 4.5, transferir a un probeta de 1 L y enrasar con agua destilada.

##### 2.2 Preparación de la muestra

- Se extrae un alícuota (F1) 1ml y se ingresa tubo de ensayo y se mezcla con la solución buffer de pH 1.0 con 9ml, se realiza esta misma operación para el buffer 4.5 con 9ml a un volumen conocido (F2), se realiza la dilución de la muestra hasta que la absorbancia a 520 nm de la muestra diluida se encuentre en el rango de de 0.2 a 1.4 de absorbancia una con el buffer a pH 1.0 y otra con el buffer a pH 4.5.
- Se hace un blanco en el espectrofotómetro con el buffer a pH 1.0 y otra con el buffer a pH 4.5. respectivamente según se realice las lecturas
- Se guarda en la oscuridad durante 30 minutos y luego se lee la absorbancia a 520 nm y a 700 nm. Se determina la diferencia entre las dos absorbancias.

$$A = (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH 1.0}} - (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH 4.5}}$$



### 2.3 Cálculo y expresión de resultados

La concentración de antocianinas en el maíz morado se expresada en mg/L. Para la obtención del contenido de antocianinas mediante la fórmula que se observa.

$$\left[ \text{mg} / 100 \text{ g} . - \text{muestra} \right] = \frac{A \times PM \times FD \times 10^3}{(\epsilon \times l)}$$

**Donde:**

A : Absorbancia

PM : Peso molecular

FD : Factor de dilución establecido previamente

l : Espesor de la celda del espectrofotómetro UV (1 cm)

E : Coeficiente de extinción molar en  $\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  para la cianidina-3-glucosido.

$10^3$  : conversión de g a mg.

ANEXO N° 06

**DATOS DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL GRANO Y MARLO DE LAS CUATRO VARIEDADES DE MAIZ MORADO (Zea mayz L.) DE LOS TRES PISOS ECOLOGICOS**

**QUITASOL (VARIEDAD PVM-581)**

ITEM	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de M:	48 UNIDADES		
	PESO gr.	LARGO cm	MASORCA		N° Granos x Hilera	GRANO		
			DIAMETRO cm	N° HILERAS		LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR mm
1	164	17.4	5.3	12	32	1.21	1.13	4.9
2	121	14.3	4.5	10	29	1.06	1.16	4.6
3	128	13.6	5.1	10	24	1.2	1.19	4.5
4	105	11.8	5.1	14	23	1.23	1.17	5.2
5	80	15.6	4.2	12	24	1.42	1.16	5.1
6	175	17.9	5.1	12	31	1.25	1.14	5.3
7	88	13.5	4.4	12	24	1.36	1.12	5.2
8	144	17.6	4.7	12	30	1.32	1.11	5.1
9	110	14.5	4.5	10	27	1.29	1.21	5.3
10	89	14.6	4.4	10	25	1.42	1.14	5.3
11	93	13.2	4.5	10	26	1.36	1.21	5.1
12	85	12.4	4.3	10	25	1.43	1.12	4.7
13	104	15.2	4.8	10	25	1.27	1.22	4.8
14	133	15.5	4.9	10	33	1.21	1.19	5.1
15	125	16.8	4.8	10	31	1.32	1.21	4.9
16	120	13.8	4.8	10	29	1.27	1.15	4.8
17	111	13.3	4.9	12	28	1.13	1.15	5.2
18	98	12.2	4.8	10	23	1.21	1.15	5.3
19	68	12.9	3.8	10	26	1.29	1.16	4.6
20	90	12	4.9	12	26	1.42	1.14	5.3
21	108	14.52	4.4	10	30	1.36	1.12	4.7
22	112	12.8	4.8	10	25	1.43	1.11	4.8
23	94	13.4	4.8	12	22	1.27	1.21	4.5
24	99	15.4	4.8	12	30	1.41	1.14	4.7
25	84	15.7	3.9	8	28	1.32	1.1	5.4
26	70	12	4.2	10	19	1.27	1.15	5.4
27	138	14.3	5.2	12	25	1.13	1.22	4.9
28	90	12.9	4.4	8	29	1.21	1.21	5.4
29	100	11.9	4.5	10	26	1.29	1.15	4.8
30	109	11	5.5	12	20	1.42	1.15	5.6
31	123	16.5	5	10	27	1.36	1.15	4.8
32	89	12.5	4.4	10	29	1.36	1.16	3.9
33	106	13.6	4.8	8	29	1.43	1.14	5.2
34	65	10.4	4.3	10	21	1.27	1.12	5.2
35	140	13.4	5.2	12	30	1.41	1.11	4.9
36	63	12	4.4	10	24	1.32	1.13	5.5
37	50	10.4	3.8	10	20	1.27	1.14	5.5
38	99	12.8	4.9	10	26	1.13	1.17	4.7
39	79	14.4	4.6	8	21	1.21	1.13	4.8
40	68	10.3	4.6	10	20	1.51	1.21	5.1
41	100	15	4.4	10	26	1.06	1.11	5.4
42	103	15	4.2	8	30	1.2	1.1	4.8
43	120	14.4	4.8	11	29	1.23	1.16	5.2
44	114	13.2	4.6	10	26	1.22	1.12	5.3
45	100	12.8	4.4	12	24	1.25	1.17	4.6
46	87	13.2	4.2	12	26	1.36	1.16	5.3
47	82	12.4	4.6	10	21	1.32	1.12	5.7
48	123	14.4	4.9	12	24	1.23	1.16	5.2

## QUITASOL (VARIEDAD CANTEÑO)

ITEM	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de Mazorcas:		46 UNIDADES	
	PESO gr.	LARGO cm	MASORCA			GRANO		
			DIAMETRO cm	Nº HILERAS	Nº Granos x Hilera	LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR mm
1	100	18.9	4.4	10	31	1.51	1.13	4.1
2	122	15.7	4.5	12	27	1.06	1.16	4.6
3	85	14.2	4.5	12	18	1.2	1.19	4.5
4	100	13.1	5	12	24	1.23	1.17	4.2
5	131	14.6	5.7	10	30	1.42	1.16	5.1
6	120	13	4.6	12	22	1.25	1.14	5.3
7	111	13.4	4.4	10	31	1.36	1.12	5.2
8	107	13.6	4.4	12	28	1.32	1.11	5.1
9	91	18.1	5.1	8	31	1.29	1.21	5.3
10	95	15.8	4.6	8	30	1.42	1.14	5.3
11	100	14	4.7	10	25	1.36	1.21	5.1
12	80	14.1	4.5	10	24	1.43	1.12	4.7
13	80	13.4	5	8	26	1.27	1.22	4.8
14	127	12.4	4.8	10	27	1.41	1.19	5.1
15	117	17.3	4.1	10	31	1.32	1.21	4.9
16	153	13.5	4.8	10	29	1.27	1.15	4.8
17	97	13.4	4.9	10	21	1.13	1.15	5.2
18	127	13.2	4.5	10	30	1.21	1.15	5.3
19	109	15.5	4	8	32	1.29	1.16	4.6
20	125	15.4	4.2	10	30	1.42	1.14	4.3
21	115	13.6	4.7	12	25	1.36	1.12	4.7
22	133	14.5	4.6	12	27	1.43	1.11	4.8
23	90	13	4.8	10	22	1.27	1.21	4.5
24	105	11	4.8	10	32	1.41	1.14	4.7
25	140	13.5	4.3	10	28	1.32	1.21	4.4
26	132	12.9	4.4	10	32	1.27	1.15	4.4
27	115	11.4	4.5	10	26	1.13	1.22	4.9
28	85	14.8	4.7	8	24	1.21	1.21	4.4
29	111	13	4	10	27	1.29	1.15	4.8
30	115	13.9	4.4	10	28	1.42	1.15	4.8
31	100	12.8	4.1	10	24	1.36	1.15	4.8
32	117	15.9	4.5	12	26	1.36	1.16	4.1
33	80	15.8	5	10	27	1.43	1.14	4.2
34	125	16	4.4	12	32	1.27	1.12	5.2
35	132	15.5	4.2	12	23	1.41	1.11	4.4
36	104	15.2	4.7	14	24	1.32	1.13	4.5
37	86	13.7	4	12	23	1.27	1.14	5.5
38	130	13.2	4.4	10	32	1.13	1.17	4.7
39	87	14.3	4.1	10	23	1.21	1.13	4.8
40	103	14.4	4.5	10	27	1.51	1.21	5.1
41	132	12.5	4.9	12	23	1.06	1.11	4.9
42	92	11.3	5	8	27	1.2	1.1	4.8
43	92	14.5	5	10	22	1.23	1.16	5.2
44	108	15.5	4.7	10	22	1.42	1.12	5.3
45	187	11.7	4.1	12	31	1.32	1.13	4.5
46	99	14.3	4.8	10	24	1.27	1.14	5.5

### QUITASOL (VARIEDAD OMAS)

ITEM	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de Mazorcas:		49 UNIDADES	
			MASORCA			GRANO		
	PESO gr.	LARGO cm	DIAMETRO cm	Nº HILERAS	Nº Granos x Hilera	LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR mm
1	113	10.2	4.5	10	24	1.12	0.58	4.1
2	101	13.4	4	12	20	1.16	0.75	4.6
3	85	16.6	4.6	10	20	1.15	0.65	4.5
4	87	15.1	4.9	10	24	1.23	0.98	4.2
5	107	15.5	4.9	10	28	1.12	1.16	5.1
6	90	15.4	4.6	10	29	1.25	1.14	5.3
7	87	11.5	4.6	12	22	1.36	1.12	5.2
8	132	15.9	5.4	10	30	1.32	0.93	5.1
9	65	13.5	4.4	10	19	1.22	0.78	5.3
10	84	12.2	5	10	27	1.12	0.57	5.3
11	83	12	4.7	8	26	0.96	0.93	5.1
12	70	13.3	4.9	8	23	1.13	0.78	4.7
13	115	14	3.9	8	30	1.27	0.61	4.8
14	65	12.3	5.2	12	17	0.95	0.76	5.1
15	70	12.2	4.4	8	30	1.22	1.21	4.9
16	96	12.5	4.6	10	27	1.27	0.57	4.8
17	112	11.9	4.9	12	28	1.13	0.93	5.2
18	85	12.6	4.9	8	30	1.21	0.78	5.3
19	106	10.3	4.5	10	21	1.29	0.61	4.6
20	77	10.1	4.4	10	26	1.43	0.76	4.3
21	93	11.2	5.1	12	23	1.36	1.12	4.4
22	77	15.8	4.4	12	19	1.33	0.87	4.3
23	95	11.5	4.7	10	27	1.27	0.92	4.5
24	92	12.9	4.9	10	23	0.91	0.65	4.4
25	109	11.4	4.4	8	26	1.32	0.98	4.4
26	82	10.8	4.3	10	22	1.27	0.62	4.4
27	68	14.8	5.4	10	18	1.13	0.71	4.9
28	95	10.9	4.9	10	30	1.21	0.57	4.4
29	125	8.7	4.8	10	27	1.29	0.93	4.8
30	126	10.4	4.2	10	27	1.42	0.78	4.8
31	94	12.4	4.7	12	24	1.36	0.61	4.8
32	82	15.2	4.5	10	23	1.36	0.76	3.9
33	67	17	4.8	10	18	1.43	0.61	4.2
34	135	17.4	4.4	8	29	1.27	0.56	5.2
35	108	13.8	4.8	12	23	0.94	1	4.4
36	114	16.9	4.3	10	25	1.32	0.65	4.5
37	140	12.4	4	10	29	1.27	0.73	5.2
38	106	14.2	4.2	12	23	1.13	0.95	4.7
39	86	13.9	4.3	10	20	1.21	0.98	4.8
40	137	16.7	4.7	10	30	0.98	0.91	5.1
41	139	13.3	4.2	10	33	1.06	0.78	4.9
42	80	10.7	4.5	8	25	1.2	1.1	4.8
43	126	13	4.9	10	32	1.23	0.98	5.2
44	82	13.9	5	10	21	1.17	0.93	5.3
45	71	15	4.3	10	18	1.25	0.75	4.6
46	136	13.4	4.5	10	33	1.36	0.89	4.3
47	131	12.5	4.5	10	22	1.2	0.93	4.7
48	123	13.4	4.2	14	33	1.12	0.78	5.3
49	113	13.3	4.9	8	27	1.1	0.68	4.6

## QUITASOL (VARIEDAD AREQUIPEÑO)

ITEM	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de Mazorcas:	51 UNIDADES		
	MASORCA				N° Granos x Hilera	GRANO		
	PESO gr.	LARGO cm	DIAMETRO cm	N° HILERAS		LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR mm
1	80	10.9	4.8	10	24	1.51	1.13	4.1
2	95	10.6	5	12	20	1.06	1.16	4.3
3	109	14.5	4.4	8	28	1.12	1.19	4.5
4	90	14.9	4.3	10	30	1.23	1.17	4.2
5	146	14.5	4.9	12	29	1.42	1.16	5.1
6	139	12.2	4.9	10	30	1.25	1.14	5.3
7	95	14.3	4.4	10	24	1.36	1.12	5.1
8	120	14.4	4.4	10	23	1.32	1.11	5.1
9	83	10.4	4.4	8	23	1.29	1.21	5.3
10	50	14.5	4.4	10	20	1.42	1.14	5.3
11	110	13.9	4.9	10	26	1.36	1.21	5.1
12	95	12.2	4.4	8	28	1.43	1.12	4.7
13	72	10.9	4.4	8	24	1.27	1.22	4.8
14	71	13.4	4.4	10	23	1.41	1.19	5.1
15	95	10.2	4.8	10	22	1.32	1.21	4.9
16	82	10.6	4.8	12	19	1.27	1.15	4.8
17	102	13	4.7	10	21	1.13	1.15	5.2
18	103	13.7	5	10	24	1.21	1.15	5.3
19	122	17.2	5	12	27	1.29	1.16	4.6
20	86	11.7	4.7	10	22	1.42	1.14	4.3
21	115	14.6	4.3	10	31	1.36	1.12	4.7
22	85	13	3.5	8	32	1.43	1.11	4.8
23	95	16.2	4.5	10	23	1.27	1.21	4.5
24	92	12.8	4.6	8	26	1.41	1.14	4.7
25	121	13.5	4.9	10	26	1.32	1.21	4.4
26	98	13.4	4.7	12	21	1.27	1.15	4.4
27	128	11.5	5.4	14	25	1.13	1.22	4.6
28	96	10.6	4.4	10	27	1.21	1.21	4.4
29	79	13.5	4.4	10	23	1.29	1.15	4.8
30	83	12.8	4.3	10	22	1.42	1.15	4.6
31	119	10.6	4.9	10	26	1.36	1.15	4.8
32	89	15.1	4	10	21	1.36	1.16	4.2
33	85	12.9	4.5	12	22	1.43	1.14	4.2
34	119	16.3	5	10	24	1.27	1.12	4.8
35	96	9.4	4.4	10	25	1.41	1.11	4.4
36	85	14.3	3.4	8	28	1.32	1.13	4.5
37	75	9	4.7	12	18	1.27	1.14	5.5
38	130	13.8	5.6	10	28	1.13	1.17	4.5
39	70	12.3	4.5	12	16	1.21	1.13	4.3
40	125	13.8	4.7	10	30	1.51	1.21	5.1
41	93	12.3	4.7	12	25	1.06	1.11	4.9
42	108	13.8	4.9	10	23	1.2	1.1	4.8
43	120	14.2	4.6	10	27	1.23	1.16	5.2
44	75	15.4	4.3	8	24	1.42	1.12	5.3
45	70	9.8	4.5	10	21	1.25	1.17	4.4
46	110	13.7	4.5	10	27	1.36	1.16	4.3
47	135	17.2	4.4	10	30	1.32	1.12	4.5
48	85	11.3	4	8	26	1.21	1.11	4.8
49	94	11.60	4.7	8	25	1.21	1.11	4.9
50	130	15.50	5.2	12	28	1.21	1.11	4.7
51	120	13.30	5	12	25	1.25	1.17	4.6

## HUANIPACA (VARIEDAD AREQUIPEÑO)

ITEM	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de Mazorcas:		50 UNIDADES		
	MASORCA					GRANO			
	PESO gr.	LARGO cm	DIAMETRO cm	Nº HILERAS	Nº Granos x Hilera	LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR mm	
1	104	17.4	5.6	12	26	1.31	1.1	5.4	
2	121	14.3	4.9	10	25	1.28	1.16	5.4	
3	128	13.6	4.9	10	25	1.51	1.12	4.9	
4	105	14.8	4.5	14	27	1.06	1.17	5.4	
5	80	15.6	3.9	12	25	1.2	1.16	4.8	
6	102	17.9	5.1	12	26	1.23	1.11	5.6	
7	88	13.5	4.4	12	25	1.22	1.12	4.8	
8	87	17.6	4.7	12	30	1.25	1.12	3.9	
9	110	14.5	4.8	10	27	1.36	1.17	5.2	
10	89	14.6	4.4	10	25	1.32	1.16	5.2	
11	93	13.2	4.3	10	26	1.36	1.21	5.1	
12	85	12.4	4.3	10	25	1.43	1.12	4.8	
13	104	15.2	4.8	10	25	1.27	1.22	4.6	
14	133	15.5	4.9	10	33	1.28	1.19	4.8	
15	89	16.8	4.8	10	31	1.32	1.21	3.9	
16	106	13.8	4.4	10	29	1.22	1.15	5.2	
17	65	13.3	4.3	12	28	1.25	1.15	5.2	
18	85	12.2	4.6	10	23	1.36	1.15	5.1	
19	63	12.9	5.1	10	33	1.32	1.16	4.7	
20	50	15	4.4	8	31	1.36	1.21	4.8	
21	108	14.52	4.7	10	29	1.43	1.12	4.7	
22	112	12.8	4.8	10	28	1.27	1.22	4.8	
23	94	13.4	4.4	8	22	1.21	1.17	4.5	
24	99	15.4	4.8	12	30	1.41	1.16	4.7	
25	84	15.7	5.3	8	28	1.32	1.21	5.4	
26	70	12	4.2	10	19	1.27	1.12	5.4	
27	138	14.3	5.2	12	25	1.13	1.12	4.9	
28	90	12.9	4.4	8	29	1.21	1.21	5.4	
29	100	11.9	4.5	10	26	1.29	1.15	4.8	
30	87	13	4.8	8	20	1.42	1.15	4.6	
31	123	16.5	4.4	10	27	1.36	1.15	4.8	
32	89	15.5	4.8	10	29	1.36	1.16	3.9	
33	106	14.6	5.3	8	28	1.43	1.16	5.2	
34	123	11.4	5.6	10	27	1.13	1.21	5.2	
35	85	13.4	5.2	8	26	1.21	1.12	4.7	
36	123	13.1	4.9	10	24	1.51	1.22	5.4	
37	50	12.4	4.8	11	26	1.06	1.11	4.8	
38	99	12.4	4.9	10	21	1.31	1.15	4.9	
39	79	14.1	4.8	8	21	1.23	1.15	5.4	
40	135	12.3	4.9	10	26	1.22	1.15	4.8	
41	100	15	4.8	10	21	1.06	1.11	4.6	
42	105	15	5.2	10	28	1.32	1.1	4.8	
43	120	14.4	4.7	12	27	1.23	1.11	3.9	
44	103	15.2	4.9	10	25	1.22	1.12	4.2	
45	120	12.8	4.8	12	24	1.25	1.17	4.6	
46	87	14.2	4.6	12	26	1.36	1.16	4.6	
47	103	12.4	4.8	10	25	1.32	1.15	4.7	
48	97	14.1	5.3	10	28	1.28	1.15	4.3	
49	98	16.2	4.2	8	27	1.27	1.15	4.1	
50	94	15	4.8	10	28	1.31	1.11	4.2	

## HUANIPACA (VARIEDAD CANTEÑO)

ITEM	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de Mazorcas:		49 UNIDADES	
	MASORCA				GRANO			
	PESO gr.	LARGO cm	DIAMETRO cm	Nº HILERAS	Nº Granos x Hilera	PESO gr.	LARGO cm	DIAMETRO cm
1	132	14.5	4.9	10	22	1.51	1.11	4.9
2	112	15.5	4.7	10	31	1.06	1.1	4.8
3	97	17.7	4.6	12	24	1.13	1.16	4.2
4	103	14.3	4.8	12	23	1.27	1.12	5.3
5	104	14	4.8	10	32	1.41	1.13	4.5
6	120	14.1	4.6	12	31	1.32	1.14	5.5
7	111	13.4	4.5	10	29	1.32	1.1	4.3
8	107	12.4	4.4	12	21	1.27	1.16	4.5
9	91	17.3	5.1	10	30	1.21	1.12	4.5
10	95	13.5	4.6	8	27	1.51	1.14	5.3
11	100	14	4.7	10	30	1.06	1.21	5.1
12	107	16.1	5.2	10	24	1.03	1.12	4.7
13	100	13.4	5	12	26	1.36	1.02	4.8
14	125	16.9	5.4	10	27	1.36	1.19	5.1
15	117	15.4	4.1	10	31	1.43	1.21	4.9
16	113	14.8	4.5	10	29	1.27	1.15	4.8
17	97	13	4.9	10	21	1.41	1.15	5.2
18	102	13.9	4.5	10	22	1.36	1.15	5.3
19	109	12.8	5.2	12	32	1.43	1.16	4.5
20	102	15.9	4.2	10	28	1.42	1.14	4.1
21	115	15.8	4.7	12	32	1.36	1.14	4.3
22	111	14.5	4.6	12	26	1.43	1.1	4.5
23	127	13	4.8	10	24	1.27	1.16	5.5
24	105	11	4.8	10	27	1.41	1.12	5.3
25	114	13.5	4.3	10	28	1.32	1.14	5.1
26	112	12.9	4.4	8	24	1.42	1.21	4.4
27	115	11.4	4.5	10	26	1.36	1.12	4.9
28	94	15.8	4.7	14	24	1.36	1.02	4.4
29	111	15.9	5.2	10	27	1.43	1.15	4.8
30	115	15.8	4.8	10	28	1.27	1.15	4.8
31	132	14.5	4.7	8	29	1.41	1.15	4.8
32	114	17.1	4.5	12	26	1.36	1.16	4.1
33	109	16.2	5	10	27	1.23	1.14	4.2
34	123	13.5	4.4	12	32	1.27	1.12	5.2
35	92	16.9	4.2	8	23	1.11	1.11	4.8
36	103	15.2	4.7	14	24	1.12	1.13	4.5
37	95	13.7	4.8	12	23	1.27	1.14	4.5
38	97	14.2	4.6	10	28	1.13	1.14	4.7
39	97	14.3	4.3	8	23	1.21	1.04	4.8
40	103	15.4	4.5	10	24	1.21	1.12	5.1
41	104	15.2	4.5	12	26	1.06	1.22	4.9
42	111	13.1	4.2	8	25	1.2	1.14	4.9
43	100	15.8	4.7	8	30	1.03	1.1	4.5
44	120	15.2	4.6	10	23	1.13	1.16	5.5
45	112	13.5	5.2	12	24	1.21	1.12	4.7
46	102	13.2	5	10	23	1.11	1.14	4.8
47	88	14.3	4.4	12	23	1.06	1.01	5.1
48	96	14.3	4.6	10	32	1.2	1.12	4.9
49	104	14.1	5.1	10	23	1.23	1.12	4.5

## HUANIPACA (VARIEDAD OMAS)

ITE M	PESO DE: M:		5 KG			Cantidad de Mazorcas:		49 UNIDADES	
	MASORCA					GRANO			
	PESO gr.	LARG O cm	DIAMETR O cm	Nº HILERAS	Nº Granos x Hilera	LARG O cm	ANCHO cm	ESPEJOR mm	
1	68	15.1	4.5	10	24	1.13	0.93	4.5	
2	95	11.2	4.2	12	20	1.21	0.78	4.2	
3	125	15.8	4.6	10	20	0.98	0.57	5.1	
4	102	11.5	5.2	10	24	1.06	0.93	5.3	
5	94	12.9	4.3	8	28	1.2	0.78	5.2	
6	82	11.4	4.7	10	29	1.23	0.61	5.1	
7	87	10.8	4.2	12	22	1.17	0.76	5.2	
8	132	14.8	5.2	10	30	1.05	0.93	5.1	
9	92	14.9	4.3	10	19	1.06	0.78	5.3	
10	109	12.2	4.2	10	27	1.2	0.57	5.3	
11	82	14	4.2	8	26	0.96	0.93	5.1	
12	68	13.3	4.5	8	23	1.13	0.78	5.1	
13	95	14	4.1	8	30	1.27	0.61	4.7	
14	125	12.3	4.7	12	17	0.95	0.76	4.8	
15	70	12.2	4.3	8	30	1.22	0.78	4.3	
16	96	12.5	4.6	10	27	1.25	0.61	4.5	
17	112	11.9	4.9	12	28	1.36	0.76	4.9	
18	85	12.6	4.9	8	30	1.2	0.93	5.3	
19	106	15.3	4.5	10	21	0.96	0.78	5.1	
20	77	14.8	4.4	10	26	1.13	0.57	4.7	
21	93	10.9	5.1	12	23	1.27	0.93	4.8	
22	77	8.7	4.4	12	19	1.33	0.87	4.3	
23	95	10.4	4.3	10	27	1.27	0.92	4.5	
24	92	12.4	4.9	10	23	0.91	0.65	4.9	
25	109	15.2	4.4	8	26	0.91	0.98	5.1	
26	82	17	4.8	10	22	1.27	0.62	5.3	
27	68	17.4	5.3	10	18	1.13	0.71	5.3	
28	95	13.8	4.2	10	30	1.21	0.57	5.1	
29	86	8.7	4.2	10	27	1.29	0.93	4.7	
30	126	14.4	4.6	10	27	1.02	0.76	4.8	
31	94	13.4	4.7	12	24	0.96	1.12	4.3	
32	82	15.2	4.5	10	23	0.93	0.87	4.5	
33	67	17	4.9	10	18	1.03	0.92	4.3	
34	76	17.4	4.4	8	29	1.27	0.65	5.3	
35	108	13.8	4.8	12	23	0.94	0.98	4.4	
36	114	16.9	4.3	10	25	0.92	0.62	4.6	
37	79	12.4	4	10	29	0.97	0.71	4.3	
38	106	14.2	4.2	12	23	1.13	0.95	4.5	
39	86	13.9	4.3	10	20	1.21	0.98	4.7	
40	137	16.7	4	8	30	1.13	0.91	4.4	
41	87	15.4	4.9	10	33	1.21	1.28	4.5	
42	80	13.9	4.1	8	25	1.29	1.1	4.4	
43	126	16.9	5.1	10	32	0.92	0.93	4.4	
44	83	12.8	5	14	21	0.91	0.95	4.4	
45	87	14.9	4.3	12	18	0.94	0.98	4.8	
46	134	13.9	4.5	10	33	1.13	0.91	5.2	
47	108	16.7	4.5	10	22	1.17	0.98	4.3	
48	114	16.7	4.6	8	33	1.13	1.1	5.3	
49	134	14.9	4.9	14	26	1.11	0.98	5.3	

## HUANIPACA (VARIEDAD PVM-581)

ITE M	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de Mazorcas:		50 UNIDADES				
	MASORCA								GRANO		
	PESO gr.	LARGO cm	DIAMETR O cm	Nº HILERAS	Nº Granos x Hilera	LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR mm			
1	121	14.5	4.8	10	25	1.42	1.23	4.7			
2	128	12.2	4.3	12	30	1.36	1.15	4.8			
3	125	14.3	4.5	14	25	1.36	1.19	5.1			
4	96	16.8	4.5	10	23	1.43	1.21	4.9			
5	79	15.6	4.4	10	27	1.27	1.15	4.8			
6	83	12.2	4.7	10	30	1.41	1.15	5.2			
7	119	14.3	4.7	10	24	1.32	1.24	5.3			
8	89	14.4	5.2	10	23	1.27	1.16	4.6			
9	85	11.7	4.4	8	25	1.29	1.25	5.3			
10	50	14.6	4.4	10	23	1.42	1.15	5.7			
11	110	13	4.9	10	27	1.36	1.15	5.1			
12	95	16.2	4.4	12	22	1.43	1.16	4.7			
13	72	12.8	4.4	10	31	1.27	1.15	4.8			
14	71	13.5	5.4	10	32	1.41	1.26	5.1			
15	95	13.4	4.8	10	23	1.32	1.21	4.9			
16	82	16.5	4.8	10	32	1.27	1.25	4.8			
17	122	15.6	4.7	8	29	1.13	1.15	5.3			
18	103	13.5	5	10	24	1.27	1.25	5.6			
19	122	12.8	5	10	27	1.41	1.16	5.3			
20	86	15.7	4.7	10	22	1.32	1.15	4.7			
21	115	14.6	4.3	10	31	1.27	1.22	5.1			
22	95	17	3.5	8	32	1.29	1.21	5.7			
23	125	14.9	4.5	10	23	1.02	1.25	4.8			
24	92	10.6	4.6	8	26	1.06	1.15	4.7			
25	121	14.5	4.9	10	26	1.02	1.26	5.4			
26	98	14.9	4.7	12	26	1.27	1.24	5.4			
27	128	14.5	5.4	14	25	1.13	1.21	5.6			
28	96	12.2	4.4	10	27	1.21	1.24	5.4			
29	89	14.3	4.3	14	23	1.29	1.15	4.8			
30	83	16.8	3.5	10	22	1.42	1.25	4.6			
31	119	15.6	4.5	10	26	1.36	1.15	5.5			
32	89	15.1	4.6	10	27	1.36	1.21	5.5			
33	85	12.9	4.9	12	22	1.43	1.21	5.6			
34	119	16.3	4.7	10	24	1.27	1.24	5.4			
35	96	16.4	4.4	10	25	1.41	1.21	4.8			
36	85	17.3	5.4	8	28	1.05	1.25	4.6			
37	75	15	4.7	12	18	1.27	1.22	4.8			
38	130	15.6	4.6	14	28	1.13	1.21	5.6			
39	70	16.5	4.5	12	29	1.21	1.15	5.4			
40	125	16.9	4.7	10	30	1.51	1.25	4.8			
41	95	14.5	4.7	12	25	1.06	1.21	5.6			
42	73	16.7	4.8	10	23	1.2	1.17	4.8			
43	99	17.6	4.9	10	27	1.02	1.23	5.2			
44	95	15.8	4.6	14	24	1.27	1.21	4.8			
45	122	15.8	4.8	10	28	1.13	1.21	5.4			
46	125	16.7	4.5	12	23	1.21	1.21	5.5			
47	108	17.1	4.9	10	27	1.51	1.26	5.5			
48	125	16.3	5.2	12	28	1.06	1.22	5.6			
49	88	14.6	4.7	14	26	1.2	1.27	5.4			
50	96	13.7	5.2	12	27	1.21	1.27	4.8			

### CIRCA (VARIEDAD AREQUIPEÑO)

ITEM	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de Mazorcas:	50 UNIDADES		
	MASORCA					GRANO		
	PESO gr.	LARGO cm	DIAMETRO cm	Nº HILERAS	Nº Granos x Hilera	LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR mm
1	139	13.5	4.9	10	28	1.13	1.13	5
2	95	13.4	4.6	10	23	1.27	1.27	4.6
3	82	17.5	4.6	8	24	1.13	1.13	5.1
4	102	16.1	5.4	10	27	1.11	1.11	5.3
5	103	13.5	4.4	10	26	1.19	1.19	5.1
6	79	12.8	4.3	8	28	1.12	1.12	5.3
7	95	16.6	4.7	8	24	1.23	1.16	5.1
8	120	15.1	4.9	10	23	1.42	1.01	5.1
9	80	12.9	4.7	8	23	1.25	1	5.1
10	95	14.5	4.3	10	20	1.36	1.02	5.3
11	109	13.9	3.5	12	26	1.32	1.16	5.1
12	90	12.2	4.4	10	28	1.29	1.06	5.3
13	146	10.9	4.4	10	24	1.42	1.03	4.5
14	139	13.4	4.4	12	23	1.36	1.1	4.8
15	95	10.2	4.8	10	22	1.43	1.01	4.9
16	82	15.6	4.8	10	19	1.27	1.27	4.7
17	86	13	4.7	10	21	1.21	1.13	5
18	103	13.7	4.6	10	24	1.32	1.21	5.1
19	122	17.2	5	12	27	1.27	1.29	4.6
20	86	11.7	4.7	10	22	1.13	1.02	4.3
21	115	14.6	4.3	10	31	1.21	1.16	4.7
22	85	13	3.5	8	32	1.29	1.11	4.8
23	95	16.2	4.5	10	23	1.42	1.27	4.5
24	92	12.8	4.6	8	26	1.36	1.01	4.7
25	121	13.5	4.9	10	26	1.43	1.12	4.4
26	98	13.4	4.7	12	21	1.27	1.27	4.4
27	75	17.5	5.4	14	25	1.41	1.13	4.6
28	103	10.6	4.4	10	27	1.32	1.42	4.4
29	122	13.5	4.4	10	29	1.27	1.36	4.8
30	86	12.8	4.3	10	23	1.13	1.03	4.6
31	115	17.1	4.9	10	26	1.21	1.27	4.8
32	85	15.1	4	10	26	1.29	1.11	4.2
33	95	12.9	4.5	12	21	1.42	1.02	4.2
34	92	16.3	5	10	25	1.27	1.27	4.8
35	91	15.4	4.4	10	27	1.01	1.01	4.4
36	85	14.3	4	8	23	1.13	1.12	4.5
37	75	16.4	4.5	12	18	1.21	1.21	5.5
38	91	13.8	5	10	28	1.29	1.29	4.5
39	70	16.3	4.4	12	27	1.43	1.02	4.3
40	103	13.8	4.2	10	23	1.36	1.16	5.1
41	101	16.6	4.7	12	31	1.33	1.13	4.9
42	86	15.1	4.9	10	22	1.27	1.27	4.8
43	115	16.9	4.4	12	26	0.91	1.01	5.2
44	85	14.8	4.3	8	29	1.32	1.06	4.3
45	95	13.9	4.9	10	25	1.27	1.03	4.4
46	92	16.2	4.6	10	27	1.13	1.07	4.4
47	72	14.9	4.4	12	30	1.36	1.05	4.6
48	91	17.3	5	10	27	1.33	1.02	4.4
49	96	16.6	4.5	10	25	1.21	1.15	4.3
50	100	15.6	4.2	10	29	1.15	1.06	4.7

### CIRCA (VARIEDAD CANTEÑO)

ITE M	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de Mazorca:		49 UNIDADES	
	MASORCA					GRANO		
	PESO gr.	LARGO cm	DIAMET RO cm	Nº HILERAS	Nº Granos x Hilera	LARG O cm	ANCHO cm	ESPEO R mm
1	93	15.5	4.9	10	25	1.13	1.14	4.9
2	80	15.2	5	12	27	1.29	1.21	4.8
3	117	13.7	5	12	29	1.12	1.12	5.2
4	117	16.9	4.7	12	32	1.36	1.22	5.3
5	153	12.4	4.1	10	28	1.43	1.19	4.5
6	120	14.2	4.8	12	26	1.27	1.14	5.5
7	111	13.9	4.4	10	25	1.41	1.12	5.1
8	107	16.7	4.6	12	29	1.32	1.11	4.9
9	91	13.3	5.1	8	23	1.29	1.21	4.8
10	95	16.7	4.6	8	20	1.42	1.14	5.3
11	100	13	4.7	10	30	1.36	1.21	5.1
12	80	13.9	4.5	10	24	1.13	1.12	4.7
13	80	13.3	5	12	26	1.27	1.22	4.8
14	127	10.7	4.8	8	27	1.41	1.19	5.1
15	117	17.5	4	10	31	1.32	1.21	4.9
16	113	13.9	4.4	8	29	1.27	1.15	4.8
17	97	13.4	4.1	12	21	1.27	1.15	5.2
18	85	13.2	4.5	10	30	1.31	1.15	5.3
19	109	15.5	5	10	32	1.02	1.16	4.6
20	125	15.4	4.4	12	30	1.29	1.14	4.3
21	115	13.6	4.2	8	25	1.12	1.12	4.7
22	133	14.5	4.6	12	27	1.13	1.11	4.8
23	90	16.1	4.8	10	22	1.27	1.21	4.5
24	105	12.4	4.8	10	32	1.11	1.14	4.7
25	110	14.2	4.3	10	28	1.32	1.21	4.4
26	112	13.9	4.4	10	32	1.27	1.02	4.4
27	115	16.7	4.5	12	26	1.13	1.19	4.9
28	85	13.3	4.7	12	24	1.21	1.14	4.4
29	111	16.1	4.3	12	29	1.29	1.12	4.8
30	115	13	4.4	10	23	1.12	1.11	4.8
31	100	13.9	4.1	12	20	1.36	1.21	4.8
32	117	15.9	4.5	10	30	1.26	1.11	4.1
33	80	16.9	5	12	24	1.13	1.21	4.2
34	115	17.4	4.4	12	26	1.27	1.14	5.2
35	102	14.2	4.2	12	27	1.41	1.11	4.4
36	104	13.4	4.7	10	31	1.32	1.13	4.5
37	86	16.7	4	12	29	1.42	1.14	5.5
38	112	16.3	4.4	10	32	1.36	1.17	4.7
39	115	16.4	4.1	10	23	1.36	1.13	4.8
40	85	17.4	4.5	10	27	1.03	1.01	5.1
41	111	13.9	4.9	12	23	1.27	1.11	4.1
42	115	16.3	5	12	27	1.41	1.1	4.6
43	84	17.3	5	10	32	1.13	1.16	4.5
44	117	15.7	4.7	8	23	1.21	1.12	4.2
45	86	17	4.1	12	24	1.29	1.13	5.1
46	124	13.9	4.8	10	23	1.42	1.01	5.3
47	101	16.3	4.5	10	32	1.36	1.11	5.2
48	121	14.5	4.9	10	31	1.06	1.1	5.1
49	92	15.5	5	8	27	1.01	1.16	5.3

### CIRCA (VARIEDAD OMAS)

ITEM	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de Mazorca:		48 UNIDADES	
	MASORCA							
	PESO gr.	LARGO cm	DIAMETRO cm	N° HILERAS	N° Granos x Hilera	LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR mm
1	89	13.3	5.1	12	24	1.01	0.58	4.2
2	97	16.7	4.4	12	31	1.12	0.73	4.4
3	88	16.5	4.7	10	24	0.96	0.76	4.8
4	105	13.9	4.5	8	30	0.93	0.79	5.1
5	80	13.3	4.4	10	27	0.87	0.77	5.3
6	175	17	4.6	10	25	1.25	0.84	5.3
7	88	17.5	4.6	12	26	1.36	0.82	4.1
8	96	13.9	5.4	10	30	1.32	0.93	5.1
9	110	13.5	4.6	10	19	1.22	0.78	4.3
10	89	12.2	4.9	10	27	1.12	0.57	4.3
11	93	12	4.9	8	26	0.96	0.93	5.1
12	74	13.3	4.5	8	23	1.13	0.78	4.7
13	115	14	4.9	8	30	1.27	0.61	4.8
14	65	12.3	4.8	12	17	0.95	0.76	4.1
15	78	15.2	4.4	8	23	1.22	1.21	4.9
16	96	12.5	4.6	10	27	0.92	0.57	4.8
17	112	16.9	4.9	12	28	1.13	0.61	5.2
18	85	17.7	4.9	8	30	1.21	0.76	4.3
19	106	17.5	4.5	10	21	1.29	0.81	4.6
20	77	13.9	4.9	10	26	1.43	0.93	4.3
21	93	13.5	4.8	14	23	1.36	0.93	4.4
22	77	15.8	4.2	12	19	1.33	0.93	4.3
23	95	11.5	4.7	14	27	1.27	0.92	5.1
24	92	12.9	4.5	10	23	0.91	0.76	4.9
25	109	13.4	4.4	8	26	1.02	0.81	4.8
26	82	16.8	4.3	10	22	1.06	0.93	5.1
27	68	14.8	5.4	10	18	0.92	0.93	4.9
28	95	16.9	4.9	10	30	0.95	0.78	5.2
29	125	16.3	4.8	10	27	1.12	0.57	5.1
30	126	15.4	4.2	10	25	0.96	0.93	5.3
31	110	12.4	4.7	12	26	1.13	0.61	5.3
32	89	15.2	4.5	8	30	1.36	0.76	5.1
33	93	17	5.4	10	19	1.03	0.93	4.2
34	85	17.4	4.9	8	27	1.07	0.75	5.2
35	115	15.8	4.8	12	23	0.94	0.89	4.4
36	79	16.9	4.4	10	25	0.95	0.93	4.5
37	89	16.7	4	10	22	0.97	0.78	4.2
38	96	14.2	4.2	12	23	1.11	0.95	4.7
39	112	13.9	4.3	10	22	0.91	0.98	4.8
40	137	16.7	4.7	10	30	0.98	0.91	4.1
41	88	17.3	4.2	10	33	1.06	0.78	4.9
42	121	15.6	4.5	8	21	1.2	0.78	4.8
43	88	17.3	4.9	10	24	1.23	0.61	4.2
44	102	16.5	4.8	8	31	0.94	0.76	4.3
45	110	17.6	4.4	10	21	0.96	0.93	4.6
46	89	14.8	4.6	10	25	0.97	0.89	4.8
47	97	17.5	4.5	10	27	1.09	0.71	4.1
48	123	16.4	4.3	14	22	1.02	0.78	4.2

### CIRCA (VARIEDAD PVM-581)

ITEM	PESO DE: M:		5 KG		Cantidad de Mazorcas:		49 UNIDADES		
	MASORCA						GRANO		
	PESO gr.	LARGO cm	DIAMETRO cm	N° HILERAS	N° Granos x Hilera	LARGO cm	ANCHO cm	ESPESOR mm	
1	120	14.3	4.7	14	19	1.47	1.15	4.9	
2	114	14.8	4.8	12	25	1.32	1.15	5.3	
3	100	15.5	4.6	10	29	1.27	1.25	4.6	
4	87	16.8	4.4	14	26	1.13	1.16	5.3	
5	82	13.8	4.2	12	20	1.25	1.14	5.7	
6	115	13.3	4.4	12	27	1.36	1.12	5.2	
7	88	12.2	4.7	12	27	1.36	1.26	4.8	
8	144	17.6	4.5	12	29	1.32	1.13	4.4	
9	112	14.5	4.4	10	27	1.29	1.13	4.8	
10	94	14.6	4.5	10	25	1.42	1.21	5.3	
11	99	13.2	4.5	8	26	1.36	1.11	5.3	
12	84	17.4	5.5	10	25	1.51	1.1	5.7	
13	70	13.3	5	10	25	1.36	1.22	5.2	
14	138	12.8	4.4	8	33	1.25	1.19	4.8	
15	90	17.6	4.8	10	31	1.36	1.21	4.4	
16	100	14.5	4.8	10	29	1.27	1.15	4.8	
17	109	14.6	4.9	12	28	1.43	1.16	5.3	
18	123	12.2	4.8	10	23	1.41	1.14	5.3	
19	68	12.9	3.8	10	26	1.29	1.14	5.3	
20	90	16.6	4.9	12	26	1.42	1.32	4.7	
21	108	16.8	4.4	10	30	1.36	1.12	5.2	
22	112	14.4	4.8	12	25	1.43	1.31	4.8	
23	94	10.3	4.8	12	22	1.27	1.21	4.4	
24	99	15	4.8	12	30	1.41	1.14	4.8	
25	84	15	3.9	8	28	1.32	1.34	5.1	
26	70	17	4.2	10	19	1.27	1.15	5.3	
27	118	14.3	5.2	12	28	1.13	1.22	4.3	
28	112	12.9	4.4	8	23	1.25	1.21	4.1	
29	94	15.9	4.7	12	26	1.36	1.15	5.1	
30	99	16.9	5.2	12	26	1.27	1.15	5.1	
31	84	16.5	4.4	10	27	1.36	1.25	4.7	
32	70	12.5	4.5	10	29	1.36	1.26	4.8	
33	138	13.6	4.8	8	28	1.43	1.27	4.6	
34	90	16.4	4.3	10	27	1.27	1.29	5.3	
35	100	13.4	5.2	12	29	1.41	1.16	5.7	
36	109	17	4.4	10	24	1.32	1.12	5.2	
37	123	16.4	4.8	14	20	1.27	1.21	4.8	
38	99	12.8	4.9	10	26	1.33	1.13	4.4	
39	79	14.4	4.6	8	21	1.21	1.23	4.8	
40	68	17.3	4.6	10	20	1.51	1.21	4.3	
41	87	13.3	4.4	10	26	1.37	1.29	4.3	
42	82	12.2	4.7	8	30	1.36	1.27	5.1	
43	125	12.9	4.5	11	28	1.36	1.36	4.7	
44	88	17	4.4	10	26	1.32	1.22	4.8	
45	124	12.8	4.5	12	24	1.23	1.19	4.6	
46	110	14.6	4.3	14	26	1.36	1.33	5.3	
47	89	16.7	4.6	10	26	1.32	1.24	5.3	
48	94	14.9	4.9	12	24	1.33	1.27	5.2	
49	103	15	4.3	12	30	1.38	1.31	4.8	



## ANEXO N° 07

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MAIZ MORADO MARLO Y GRANO

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICA DEL MARLO

Piso Ecológico	Variedad	Largo de marlo (cm)	Diámetro de marlo (cm)	N° de hileras	N° granos por hilera
Quitasol 2307 msnm.	Arequipeño	13.12 ± 1.89	4.66 ± 0.36	10.12 ± 2.42	24.7 ± 1.11
	Canteño	14.02 ± 1.51	4.59 ± 0.12	10.39 ± 2.06	27.0 ± 2.89
	Omas	13.02 ± 1.97	4.61 ± 0.33	10.08 ± 2.45	25.1 ± 4.83
	PVM-581	13.53 ± 1.69	4.66 ± 0.37	10.52 ± 2.05	26.0 ± 1.12
Huanipaca (Tambobamba) 2378 msnm.	Arequipeño	14.20 ± 1.45	4.76 ± 0.12	10.18 ± 2.04	26.3 ± 2.31
	Canteño	14.53 ± 1.24	4.68 ± 0.25	10.45 ± 2.13	26.4 ± 1.46
	Omas	13.87 ± 1.24	4.54 ± 0.21	10.12 ± 2	25.1 ± 1.26
	PVM-581	14.89 ± 1.45	4.67 ± 0.31	10.68 ± 2.15	26.0 ± 1.24
Circa (Antabamba) 2512 msnm	Arequipeño	14.50 ± 1.64	4.56 ± 0.32	10.16 ± 2.18	25.2 ± 1.12
	Canteño	14.92 ± 1.32	4.58 ± 0.22	10.53 ± 2.22	27.0 ± 1.65
	Omas	15.20 ± 1.27	4.64 ± 0.31	10.17 ± 2.23	25.1 ± 2.23
	PVM-581	14.71 ± 1.32	4.65 ± 0.34	10.76 ± 2.51	26.0 ± 1.14

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICA DEL GRANO

Piso Ecológico	Variedad	Largo de grano (cm)	Ancho de grano (cm)	Espesor de grano (mm)
Quitasol 2307 msnm.	Arequipeño	1.31 ± 0.092	1.17 ± 0.31	4.74 ± 0.21
	Canteño	1.30 ± 0.095	1.15 ± 0.034	4.81 ± 0.12
	Omas	1.04 ± 0.20	0.82 ± 0.165	4.76 ± 0.21
	PVM-581	1.32 ± 0.11	1.16 ± 0.033	5.04 ± 0.34
Huanipaca (Tambobamba) 2378 msnm.	Arequipeño	1.29 ± 0.062	1.15 ± 0.28	4.82 ± 0.18
	Canteño	1.27 ± 0.084	1.13 ± 0.017	4.79 ± 0.18
	Omas	1.11 ± 0.10	0.84 ± 0.12	4.81 ± 0.13
	PVM-581	1.27 ± 0.13	1.19 ± 0.023	5.14 ± 0.21
Circa (Antabamba) 2512 msnm	Arequipeño	1.26 ± 0.082	1.13 ± 0.21	4.75 ± 0.23
	Canteño	1.26 ± 0.045	1.14 ± 0.024	4.82 ± 0.14
	Omas	1.09 ± 0.23	0.81 ± 0.12	4.69 ± 0.22
	PVM-581	1.34 ± 0.12	1.21 ± 0.031	4.94 ± 0.33

## PROMEDIOS DE PESOS DE MAZORCA DE MAÍZ MORADO

Piso Ecológico	Variiedad	Peso de marlo (gr.)
Quitasol 2307 msnm.	Arequipeño	97.19 + 18.7
	Canteño	109.91 + 19.6
	Omas	97.47 + 20.8
	PVM-581	99.48 + 24.1
Huanipaca (Tambobamba) 2378 msnm.	Arequipeño	98.16 + 16.3
	Canteño	107.45 + 18.3
	Omas	98.48 + 19.8
	PVM-581	99.88 + 20.1
Circa (Antabamba) 2512 msnm	Arequipeño	97.50 + 16.3
	Canteño	105.61 + 17.6
	Omas	97.98 + 19.3
	PVM-581	99.57 + 21.2

## PORCENTAJE DE DE HUMEDAD DEL MARLO DE LAS CUATRO VARIIDADES DE MAÍZ MORADO DE LOS TRES PISOS ECOLÓGICOS.

Piso Ecológico	Variiedad	Humedad M1%	Humedad M2%	Humedad M3%	Promedio humedad
Quitasol 2307 msnm.	Arequipeño	9.60	9.80	9.80	9.73
	Canteño	9.40	9.60	9.80	9.60
	Omas	9.80	9.60	9.80	9.73
	PVM-581	9.60	9.40	9.60	9.53
Huanipaca (Tambobamba) 2378 msnm.	Arequipeño	10.20	10.20	10.20	10.20
	Canteño	10.20	10.20	10.40	10.27
	Omas	10.80	10.80	10.60	10.73
	PVM-581	10.40	10.60	10.40	10.47
Circa (Antabamba) 2512 msnm	Arequipeño	11.80	11.40	11.60	11.60
	Canteño	11.20	11.60	11.60	11.47
	Omas	11.2	11.2	11.0	11.13
	PVM-581	11.40	11.20	11.60	11.40

**ANEXO N° 08**

**RESULTADOS DE ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS DE MAIZ  
MORADO DE LOS TRES PISOS ECOLOGICOS**

**SECTOR DE QUITASOL**

<b>VARIEDAD PVM-581</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	1.257	0.227	520 nm	1.317	0.276	520 nm	1.287	0.2515
FD	100	700 nm	0.015	0.026	700 nm	0.018	0.024	700 nm	0.0165	0.025
VI	200									
PM	449.2	Absorbancia		1.041	Absorbancia		1.047	Absorbancia		1.044
E	26900									
		Antocianinas		1738.4	Antocianinas		1748.373	Antocianinas		1743.364

<b>VARIEDAD AREQUIPEÑO</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	1.337	0.472	520 nm	1.364	0.472	520 nm	1.3505	0.472
FD	100	700 nm	0.033	0.06	700 nm	0.036	0.06	700 nm	0.0345	0.06
VI	200									
PM	449.2	Absorbancia		0.892	Absorbancia		0.916	Absorbancia		0.904
E	26900									
		Antocianinas		1489.5	Antocianinas		1529.618	Antocianinas		1509.579

<b>VARIEDAD CANTEÑO</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	1.255	0.392	520 nm	1.263	0.421	520 nm	1.259	0.4065
FD	100	700 nm	0.021	0.025	700 nm	0.032	0.005	700 nm	0.0265	0.015
VI	200									
PM	449.2	Absorbancia		0.867	Absorbancia		0.815	Absorbancia		0.841
E	26900									
		Antocianinas		1447.8	Antocianinas		1360.959	Antocianinas		1404.376

<b>VARIEDAD OMAS</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	1.082	0.247	520 nm	1.102	0.226	520 nm	1.092	0.2365
FD	100	700 nm	0.04	0.036	700 nm	0.031	0.026	700 nm	0.0355	0.031
VI	200									
PM	449.2	Absorbancia		0.831	Absorbancia		0.871	Absorbancia		0.851
E	26900									
		Antocianinas		1387.7	Antocianinas		1454.473	Antocianinas		1421.075



## SECTOR DE HUANIPACA

<b>VARIEDAD PVM-581</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	0.994	0.269	520 nm	1.024	0.274	520 nm	1.009	0.2715
FD	100	700 nm	0.033	0.035	700 nm	0.023	0.039	700 nm	0.028	0.037
VI	200									
PM	449.2	Absorbancia		0.727	Absorbancia		0.766	Absorbancia		0.7465
E	26900									
		Antocianinas		1214.009	Antocianinas		1279.135	Antocianinas		1246.572

<b>VARIEDAD AREQUIPEÑO</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	0.886	0.245	520 nm	0.892	0.238	520 nm	0.889	0.2415
FD	100	700 nm	0.023	0.023	700 nm	0.021	0.024	700 nm	0.022	0.0235
VI	200									
PM	449.2	Absorbancia		0.641	Absorbancia		0.657	Absorbancia		0.649
E	26900									
		Antocianinas		1070.399	Antocianinas		1097.117	Antocianinas		1083.758

<b>VARIEDAD CANTEÑO</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	0.76	0.211	520 nm	0.783	0.22	520 nm	0.7715	0.2155
FD	100	700 nm	0.022	0.02	700 nm	0.018	0.019	700 nm	0.02	0.0195
VI	200									
PM	449.2	Absorbancia		0.547	Absorbancia		0.564	Absorbancia		0.5555
E	26900									
		Antocianinas		913.429	Antocianinas		941.8171	Antocianinas		927.623

<b>VARIEDAD OMAS</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	0.986	0.277	520 nm	0.993	0.265	520 nm	0.9895	0.271
FD	100	700 nm	0.024	0.041	700 nm	0.021	0.035	700 nm	0.0225	0.038
VI	200									
PM	449.2	Absorbancia		0.726	Absorbancia		0.742	Absorbancia		0.734
E	26900									
		Antocianinas		1212.339	Antocianinas		1239.057	Antocianinas		1225.698



## SECTOR DE CIRCA

<b>VARIEDAD PVM-581</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	1.374	0.281	520 nm	1.365	0.231	520 nm	1.3695	0.256
FD	100	700 nm	0.015	0.011	700 nm	0.021	0.021	700 nm	0.018	0.016
V1	200									
PM	449.2	Absorbancia		1.089	Absorbancia		1.134	Absorbancia		1.1115
E	26900									
		Antocianinas		1818.51	Antocianinas		1893.65	Antocianinas		1856.081

<b>VARIEDAD AREQUIPEÑO</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	1.304	0.341	520 nm	1.315	0.369	520 nm	1.3095	0.355
FD	100	700 nm	0.02	0.016	700 nm	0.032	0.06	700 nm	0.026	0.038
V1	200									
PM	449.2	Absorbancia		0.959	Absorbancia		0.974	Absorbancia		0.9665
E	26900									
		Antocianinas		1601.42	Antocianinas		1626.47	Antocianinas		1613.947

<b>VARIEDAD CANTEÑO</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	1.376	0.313	520 nm	1.388	0.302	520 nm	1.382	0.3075
FD	100	700 nm	0.015	0.031	700 nm	0.019	0.02	700 nm	0.017	0.0255
V1	200									
PM	449.2	Absorbancia		1.079	Absorbancia		1.087	Absorbancia		1.083
E	26900									
		Antocianinas		1801.81	Antocianinas		1815.17	Antocianinas		1808.489

<b>VARIEDAD OMAS</b>										
Factores de conversión		Muestra 01			Muestra 02			Muestra 03		
			Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5		Ph 1	Ph 4.5
		520 nm	1.366	0.235	520 nm	1.325	0.231	520 nm	1.3455	0.233
FD	100	700 nm	0.015	0.016	700 nm	0.016	0.021	700 nm	0.0155	0.0185
V1	200									
PM	449.2	Absorbancia		1.132	Absorbancia		1.099	Absorbancia		1.1155
E	26900									
		Antocianinas		1890.3	Antocianinas		1835.21	Antocianinas		1862.761



**ANEXO N° 09**

**CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DE LAS CUATRO VARIEDADES DE  
MAIZ MORADO CON SUS REPETICIONES DE LOS TRES PISOS  
ECOLOGICOS**

<b>Piso Ecológico</b>	<b>variedad</b>	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>	<b>PROMEDIO</b>
Quitasol 2307 msnm.	PVM-581	1,738.35	1,748.37	1,743.40	1,743.37± 2.73
	Arequipeño	1,489.74	1,529.62	1,509.58	1,509.65 ± 10.85
	Canteño	1,447.69	1,360.96	1,404.38	1,404.34 + 23.60
	Omas	1,387.68	1,457.48	1,421.07	1,422.08 + 19.00
Circa (Antabamba) 2512 msnm	PVM-581	1,818.50	1,893.65	1,856.08	1,856.08 + 20.45
	Arequipeño	1,601.42	1,626.47	1,613.94	1,613.94 ± 6.82
	Canteño	1801.1	1,815.16	1,808.49	1,808.25 + 3.83
	Omas	1890.3	1,835.21	1,862.36	1,862.62 + 14.99
Huanipaca (Tambobamba) 2378 msnm	PVM-581	1,214.01	1,279.03	1,246.57	1,246.54 ± 17.70
	Arequipeño	1,070.40	1,097.12	1,083.76	1,083.76 + 7.27
	Canteño	913.41	941.82	927.62	927.62 ± 7.73
	Omas	1,212.34	1,239.06	1,225.69	1,225.70 + 7.27

## ANEXO N° 10

### ZONIFICACION ECOLOGICA CODIFICADA

#### PISO ECOLOGICO DE HUANIPACA

<b>Distrito</b>	:	Huanipaca
<b>Comunidad</b>	:	Tambobamba
<b>Sector</b>	:	San francisco
<b>Ubicación</b>	:	2378 msnm longitud 85.07° latitud 71.18°
<b>Tipo de suelo</b>	:	Franco arcilloso arenoso suelo que se caracteriza por drenar el agua
<b>Componentes</b>	:	Arena 60, Arcilla 24 y Limo 16
<b>Acidez del suelo</b>	:	pH 7.0
<b>Infiltración</b>	:	0.8 a 2.5 cm/hr moderada rápida,
<b>Permeabilidad</b>	:	Media-baja
<b>Capacidad de almacenamiento de nutrientes</b>	:	Media –alta
<b>Clima</b>	:	Cálido
<b>Temperatura</b>	:	19 C°
<b>Humedad Relativa</b>	:	65 %
<b>Intensidad lumínica</b>	:	moderada
<b>Exposición al sol</b>	:	Nor este
<b>Dirección del viento</b>	:	Norte sur
<b>Pendiente del suelo</b>	:	15 %
<b>Abonamiento</b>	:	NPK (120-80-120)

#### PISO ECOLOGICO DE CIRCA

<b>Distrito</b>	:	Circa
<b>Comunidad</b>	:	Antabamba
<b>Sector</b>	:	Cochapampa
<b>Ubicación</b>	:	2512 msnm longitud 84.63° latitud 71.59°
<b>Tipo de suelo</b>	:	Arcilloso suelo que se caracteriza por retener agua.
<b>Componentes</b>	:	Arena 27, Arcilla 41 y Limo 31
<b>Acidez del suelo</b>	:	pH 8.0
<b>Infiltración</b>	:	0.5 cm/hr muy lenta
<b>Permeabilidad</b>	:	Baja
<b>Capacidad de almacenamiento de nutrientes</b>	:	Alta
<b>Clima</b>	:	Templado
<b>Temperatura</b>	:	18 C°
<b>Humedad Relativa</b>	:	67 %
<b>Intensidad lumínica</b>	:	Fuerte
<b>Exposición al sol</b>	:	Nor oeste
<b>Dirección del viento</b>	:	oeste este
<b>Pendiente del suelo</b>	:	5 %
<b>Abonamiento</b>	:	NPK (120-80-120)



## PISO ECOLOGICO DE QUITASOL PATA

<b>Distrito</b>	:	Abancay
<b>Sector</b>	:	Quitaspata
<b>Ubicación</b>	:	2307 msnm longitud 84.90° latitud 72.46°
<b>Tipo de suelo</b>	:	Arenoso franco suelo que se caracteriza por drenar el agua con facilidad
<b>Componentes</b>	:	Arena 83, Arcilla 8 y Limo 8
<b>Acidez del suelo</b>	:	pH 8.2
<b>Infiltración</b>	:	3.0 cm/hr Rápida,
<b>Permeabilidad</b>	:	Alta
<b>Capacidad de almacenamiento de nutrientes</b>	:	Baja
<b>Clima</b>	:	Templado
<b>Temperatura</b>	:	21 C°
<b>Humedad Relativa</b>	:	55 %
<b>Intensidad lumínica</b>	:	Fuerte
<b>Exposición al sol</b>	:	Nor oeste
<b>Dirección del viento</b>	:	Oeste este
<b>Pendiente del suelo</b>	:	10 %
<b>Abonamiento</b>	:	NPK (120-80-120)



## ANEXO N° 11

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DE LAS CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ MORADO DE LOS TRES PISOS ECOLÓGICOS

Descriptivo

	Variedades	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Repetición 1	PVM-581	3	1,590.29	328.32	189.56	774.69	2,405.88	1,214.01	1,818.50
	Arequipeño	3	1,387.19	279.97	161.64	691.70	2,082.67	1,070.40	1,601.42
	Canteño	3	1,387.40	446.91	258.02	277.23	2,497.57	913.41	1,801.10
	Omas	3	1,496.77	351.90	203.17	622.61	2,370.94	1,212.34	1,890.30
	Total	12	1,465.41	317.06	91.53	1,263.96	1,666.86	913.41	1,890.30
Repetición 2	PVM-581	3	1,640.35	321.23	185.46	842.36	2,438.34	1,279.03	1,893.65
	Arequipeño	3	1,417.74	281.85	162.73	717.57	2,117.90	1,097.12	1,626.47
	Canteño	3	1,372.65	436.79	252.18	287.61	2,457.69	941.82	1,815.16
	Omas	3	1,510.58	301.60	174.13	761.36	2,259.80	1,239.06	1,835.21
	Total	12	1,485.33	309.63	89.38	1,288.60	1,682.06	941.82	1,893.65
Repetición 3	PVM-581	3	1,615.35	324.30	187.24	809.73	2,420.97	1,246.57	1,856.08
	Arequipeño	3	1,402.43	280.86	162.16	704.72	2,100.13	1,083.76	1,613.94
	Canteño	3	1,380.16	440.93	254.57	284.82	2,475.50	927.62	1,808.49
	Omas	3	1,503.04	326.15	188.31	692.83	2,313.25	1,225.69	1,862.36
	Total	12	1,475.25	312.46	90.20	1,276.72	1,673.77	927.62	1,862.36

#### Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Repetición 1	0.235	3	8	0.870
Repetición 2	0.158	3	8	0.922
Repetición 3	0.162	3	8	0.919

## Comparaciones múltiples HSD de turkey

Variable dependiente	(I) variedad	(J) variedad	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite superior	Límite inferior
Repetición 1	PVM-581	Arequipeño	203.10	291.47	0.90	-730.30	1,136.50
		Canteño	202.89	291.47	0.90	-730.51	1,136.28
		Omas	93.51	291.47	0.99	-839.88	1,026.91
	Arequipeño	PVM-581	-203.10	291.47	0.90	-1,136.50	730.30
		Canteño	-0.21	291.47	1.00	-933.61	933.18
		Omas	-109.59	291.47	0.98	-1,042.98	823.81
	Canteño	PVM-581	-202.89	291.47	0.90	-1,136.28	730.51
		Arequipeño	0.21	291.47	1.00	-933.18	933.61
		Omas	-109.37	291.47	0.98	-1,042.77	824.02
	Omas	PVM-581	-93.51	291.47	0.99	-1,026.91	839.88
		Arequipeño	109.59	291.47	0.98	-823.81	1,042.98
		Canteño	109.37	291.47	0.98	-824.02	1,042.77
Repetición 2	PVM-581	Arequipeño	222.61	278.20	0.85	-668.29	1,113.51
		Canteño	267.70	278.20	0.77	-623.20	1,158.60
		Omas	129.77	278.20	0.96	-761.13	1,020.67
	Arequipeño	PVM-581	-222.61	278.20	0.85	-1,113.51	668.29
		Canteño	45.09	278.20	1.00	-845.81	935.99
		Omas	-92.85	278.20	0.99	-983.75	798.05
	Canteño	PVM-581	-267.70	278.20	0.77	-1,158.60	623.20
		Arequipeño	-45.09	278.20	1.00	-935.99	845.81
		Omas	-137.94	278.20	0.96	-1,028.84	752.96
	Omas	PVM-581	-129.77	278.20	0.96	-1,020.67	761.13
		Arequipeño	92.85	278.20	0.99	-798.05	983.75
		Canteño	137.94	278.20	0.96	-752.96	1,028.84
Repetición 3	PVM-581	Arequipeño	212.92	284.27	0.87	-697.41	1,123.26
		Canteño	235.19	284.27	0.84	-675.15	1,145.52
		Omas	112.31	284.27	0.98	-798.02	1,022.64
	Arequipeño	PVM-581	-212.92	284.27	0.87	-1,123.26	697.41
		Canteño	22.26	284.27	1.00	-888.07	932.60
		Omas	-100.61	284.27	0.98	-1,010.95	809.72
	Canteño	PVM-581	-235.19	284.27	0.84	-1,145.52	675.15
		Arequipeño	-22.26	284.27	1.00	-932.60	888.07
		Omas	-122.88	284.27	0.97	-1,033.21	787.46
	Omas	PVM-581	-112.31	284.27	0.98	-1,022.64	798.02
		Arequipeño	100.61	284.27	0.98	-809.72	1,010.95
		Canteño	122.88	284.27	0.97	-787.46	1,033.21

## SUBCONJUNTOS HOMOGÉNEOS

### Repetición 1 HSD de Tukey

variedad	N	Subconjunto para alfa =0 .05
		1
Arequipeño	3	1,387.19
Canteño	3	1,387.40
Omas	3	1,496.77
PVM-581	3	1,590.29
Sig.		0.896

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

### Repetición 2 HSD de Tukey

variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Canteño	3	1,372.65
Arequipeño	3	1,417.74
Omas	3	1,510.58
PVM-581	3	1,640.35
Sig.		0.774

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

### Repetición 3 HSD de Tukey

variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Canteño	3	1,380.16
Arequipeño	3	1,402.43
Omas	3	1,503.04
PVM-581	3	1,615.35
Sig.		0.840

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestra de la media armónica = 3.000.

## ANEXO N° 12

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DE LOS SECTORES

#### DESCRIPTIVO

Repetición	Variedades	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Repetición 1	Quitason	4	1,515.87	154.12	77.06	1,270.62	1,761.11	1,387.68	1,738.35
	Circa	4	1,777.83	123.78	61.89	1,580.87	1,974.79	1,601.42	1,890.30
	Huanipaca	4	1,102.54	142.93	71.46	875.11	1,329.97	913.41	1,214.01
	Total	12	1,465.41	317.06	91.53	1,263.96	1,666.86	913.41	1,890.30
Repetición 2	Quitason	4	1,524.11	164.70	82.35	1,262.03	1,786.19	1,360.96	1,748.37
	Circa	4	1,792.62	115.66	57.83	1,608.57	1,976.67	1,626.47	1,893.65
	Huanipaca	4	1,139.26	153.03	76.51	895.75	1,382.76	941.82	1,279.03
	Total	12	1,485.33	309.63	89.38	1,288.60	1,682.06	941.82	1,893.65
Repetición 3	Quitason	4	1,519.61	156.17	78.09	1,271.10	1,768.11	1,404.38	1,743.40
	Circa	4	1,785.22	116.69	58.35	1,599.54	1,970.90	1,613.94	1,862.36
	Huanipaca	4	1,120.91	147.77	73.89	885.77	1,356.05	927.62	1,246.57
	Total	12	1,475.25	312.46	90.20	1,276.72	1,673.77	927.62	1,862.36

#### Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Repeticion1	0.127	2	9	0.882
Repeticion2	0.265	2	9	0.773
Repeticion3	0.201	2	9	0.821

## Pruebas post hoc

### HSD de Tukey

Variable dependiente	(I) Lugares	(J) Lugares	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite superior	Límite inferior
Repetición1	Quitasol	Circa	-261.97	99.59	0.06	-540.01	16.08
		Huanipaca	413.3250000(*)	99.59	0.01	135.28	691.37
	Circa	Quitasol	261.97	99.59	0.06	-16.08	540.01
		Huanipaca	675.2900000(*)	99.59	0.00	397.25	953.33
	Huanipaca	Quitasol	-413.3250000(*)	99.59	0.01	-691.37	-135.28
		Circa	-675.2900000(*)	99.59	0.00	-953.33	-397.25
Repetición2	Quitasol	Circa	-268.52	103.22	0.07	-556.70	19.67
		Huanipaca	384.8500000(*)	103.22	0.01	96.67	673.03
	Circa	Quitasol	268.52	103.22	0.07	-19.67	556.70
		Huanipaca	653.3650000(*)	103.22	0.00	365.18	941.55
	Huanipaca	Quitasol	-384.8500000(*)	103.22	0.01	-673.03	-96.67
		Circa	-653.3650000(*)	103.22	0.00	-941.55	-365.18
Repetición3	Quitasol	Circa	-265.61	99.87	0.06	-544.45	13.23
		Huanipaca	398.6975000(*)	99.87	0.01	119.86	677.53
	Circa	Quitasol	265.61	99.87	0.06	-13.23	544.45
		Huanipaca	664.3075000(*)	99.87	0.00	385.47	943.14
	Huanipaca	Quitasol	-398.6975000(*)	99.87	0.01	-677.53	-119.86
		Circa	-664.3075000(*)	99.87	0.00	-943.14	-385.47

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

### Subconjuntos homogéneos

#### Repetición 1 HSD de Tukey

Lugares	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		2	1
Huanipaca	4	1,102.54	
Quitasol	4		1,515.87
Circa	4		1,777.83
Sig.		1.0	0.06

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.00

### Repetición 2 HSD de Tukey

Lugares	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		2	1
Huanipaca	4	1,139.26	
Quitasol	4		1,524.11
Circa	4		1,792.62
Sig.		1.0	0.067

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.00

### Repetición 3 HSD de Tukey

Lugares	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		2	1
Huanipaca	4	1,120.91	
Quitasol	4		1,519.61
Circa	4		1,785.22
Sig.		1.0	0.061

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.00

**ANEXO N° 12**  
**FICHA TÉCNICA DEL MAÍZ MORADO**

**1. GENERALIDADES**

- 1.1. Nombre común : Maíz
- 1.2. Nombre científico: Zea mays L.
- 1.3. Variedad : Sierra PVM -582, PVM-581
- 1.4. **Requerimiento del agro climático**

**Temperatura:**

**Sierra:** El maíz requiere una temperatura de 16 a 17 °C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura mínimas de hasta 10 °C y a partir de los 23 °C pueden aparecer problemas serios debido a la mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 18 a 25 °C.

**Intensidad lumínica.**

Entre la intensidad (irradiación), la calidad y la duración (foto periódica), la intensidad lumínica es la que mas efecto tiene sobre el comportamiento genético.

**Altitud:**

Altitud: 1500 msnm hasta los 3200 msnm

**Suelos:**

Variable, prefiere suelos profundos de textura franca a franco-arcilloso, con buena capacidad para retener humedad, no debe de presentar problemas de drenaje; excesos de humedad son adversos a la acumulación de pigmentos en la mazorca pH 5-8.

**Volumen de agua:**

Requerimiento por hectárea 8,000 a 10,000 m3/ha.

**Topografía:**

Según el conjunto tecnológico para la producción de maíz morado en el Perú, el declive del suelo no debe exceder el 40 % de inclinación para que se faciliten las labores agronómicas. Sin embargo el maíz morado es una planta rustica que se adapta a diferentes condiciones topográficas desfavorables para otros cultivos. La producción es mas exitosa entre los 2200 a 2600 msnm, sobre inclinaciones relativamente empinadas y una transaccional zona entre los eco tonos tropical y temperado.

**1.5. Periodo vegetativo:**

Sierra 170 a 200 dias.

**1.6. Rendimiento promedio:**

Sierra 1500 a 3500 kg/ha

**1.7. Color de grano:**

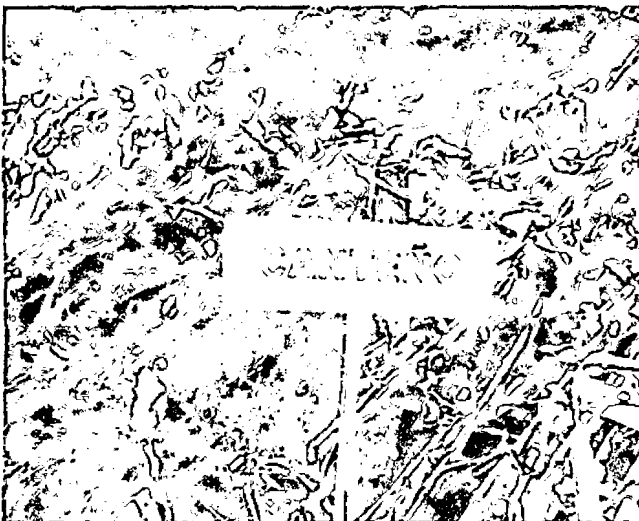
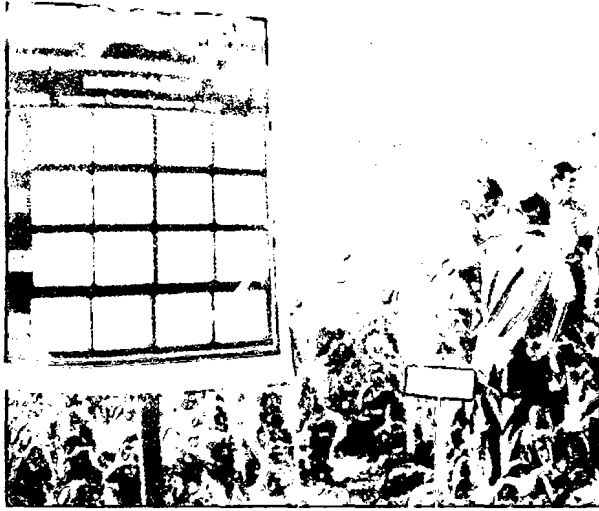
Morado oscuro



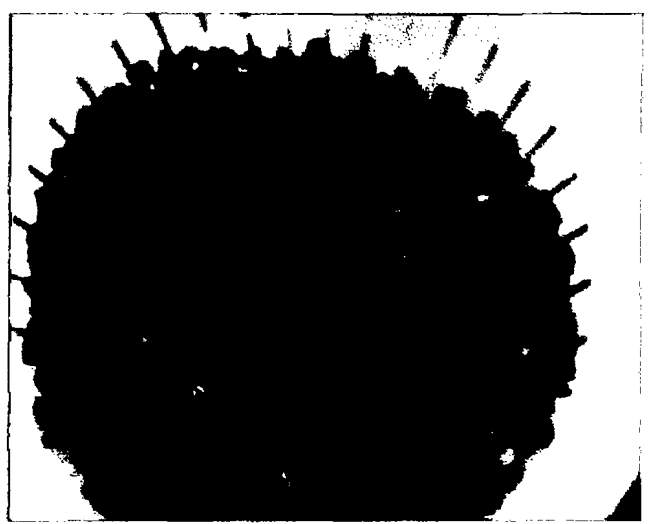
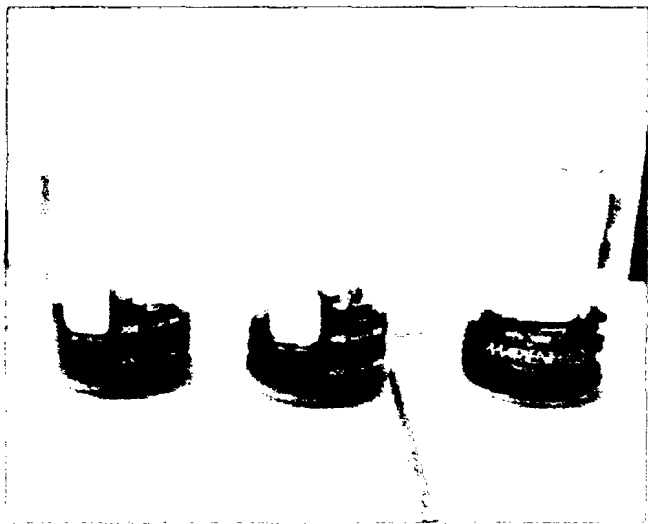
## FICHA TÉCNICA DEL MAÍZ MORADO

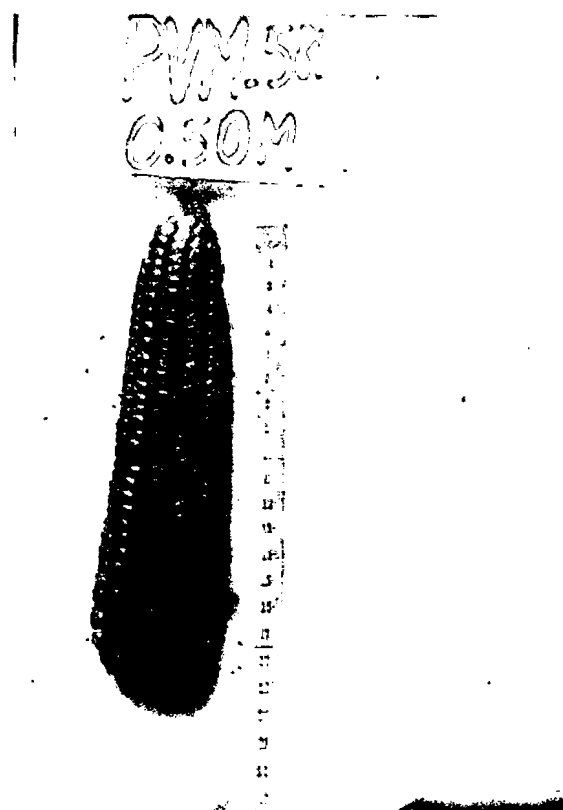
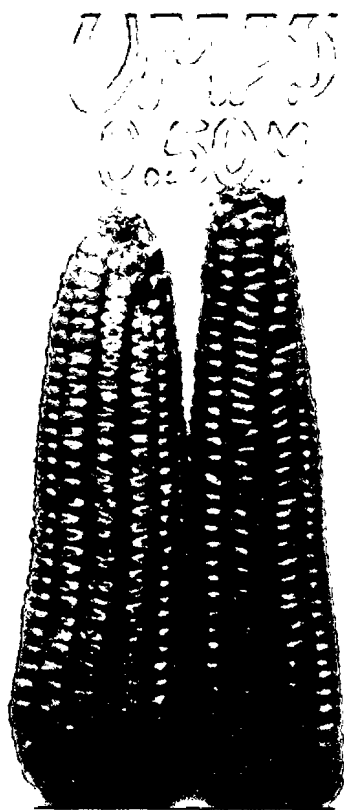
1. **Nombre Científico:** *Zea mays* L.
2. **Variedades:**
  - 2.1 **Morado Canteño:** variedad nativa, altura de 1.8-2.5 m, floración a los 110-125 días. El más recomendable es el **Morado Mejorado** (derivados de Caraz): PVM-581, para siembra en sierra media; PVM-582, para costa central, altura cercana a los 2m, precocidad de floración masculina, 90 a 100 días.
  - 2.2 **Morado Caráz:** usado para siembra en sierra.
  - 2.3 **Arequipeño:** (variedad Tradicional), color de tusa no es intenso, presenta mucha variabilidad puede ser mejorado, es más precoz que los anteriores.
  - 2.4 **Cuzco Morado:** tardío, granos grandes dispuestos en mazorcas de hileras bien definido.
  - 2.5 **Negro de Junín:** En la sierra centro y sur llegando hasta Arequipa.
3. **Suelo:** Variables, prefiere suelos profundos de textura franca a franco-arcilloso, con buena capacidad para retener humedad, no deben presentar problemas de drenaje; excesos de humedad son adversos a la acumulación de pigmentos en la mazorca. pH: 5-8, conductividad eléctrica entre: 1-4 dS/m.
4. **Clima:** Larga estación y cálido adaptable a diversos climas de costa y sierra (según las distintas variedades).
5. **Altura De Siembra:** 1,200-4,000 m.s.n.m.
6. **Épocas De Siembra:** De agosto a octubre en la sierra y de abril a septiembre en la costa.
7. **Distanciamientos:** Para siembra en golpes (3 semillas/golpe), 0.70m entre surcos y 0.55m entre golpes. Para siembra en hilera: una planta cada 0.15m y 0.80m entre surcos.
8. **Densidad:** Aproximadamente 8200 Plantas/ha.
9. **Etapas Del Cultivo:** Emergencia y establecimiento  
Período de siembra a germinación  
Período de germinación a aporque  
Período de aporque a floración  
Período de afloración a fecundación  
Período de fecundación a maduración fisiológica
10. **Riego:** Se recomienda riego por gravedad. Hacer el riego cada 10 a 12 días; esto varía según el clima y tipo de suelo. Priorizar riegos durante la floración y panojamiento.
11. **Volumen De Agua:** 8,000 a 10,000 m<sup>3</sup>/ha.
12. **Fertilización:** Es recomendable hacer un aplicación de 10 Toneladas de materia orgánica a la preparación de terreno. Niveles de fertilización de: 270-100-60

**ANEXO N° 13**  
**FOTOS DE COSECHA DE MAÍZ MORADO**



## CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL MARLO DE MAÍZ MORADO

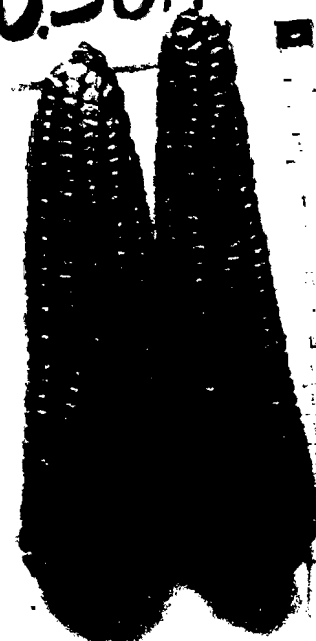




**AREQUIPEÑO**  
**0.50M**



**CANTEÑO**  
**0.50M**

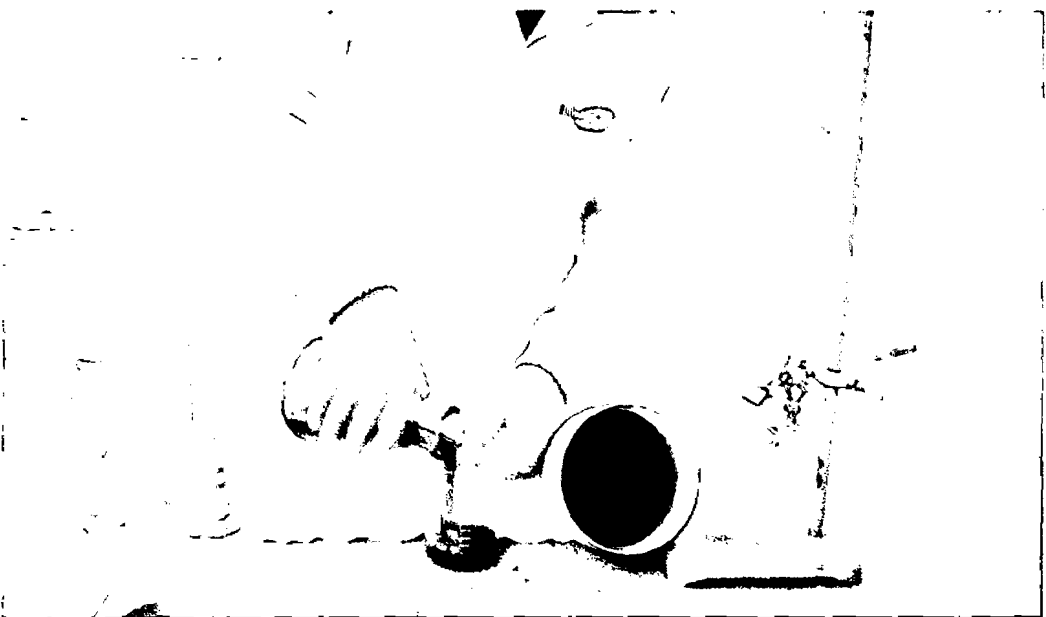
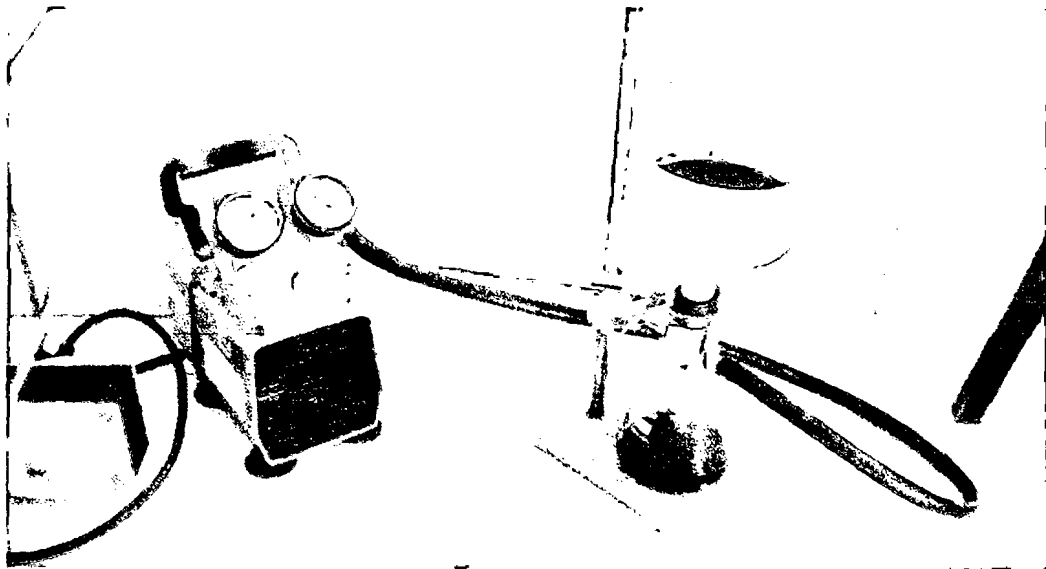


**ANEXO N° 14**  
**FOTOS DE EXPERIMENTOS EN LOS LABORATORIOS DE MEDICINA VETERINARIA**  
**CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS**

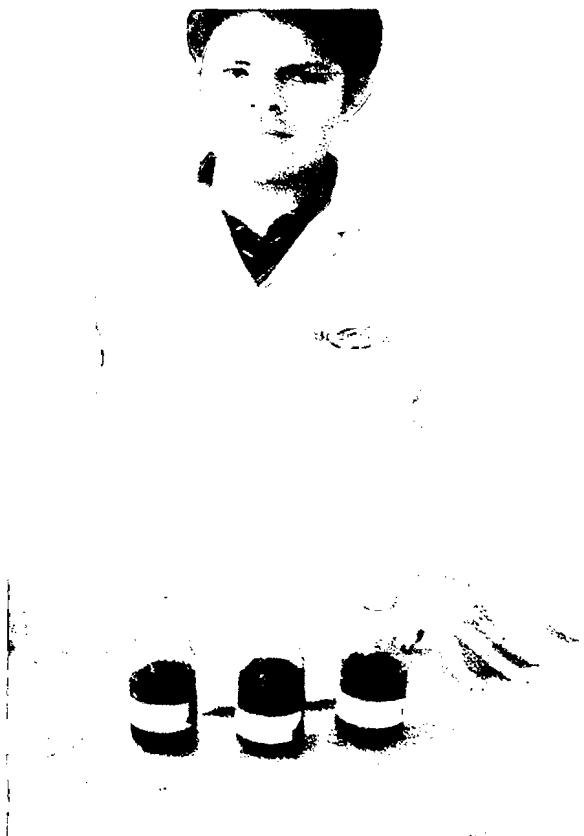
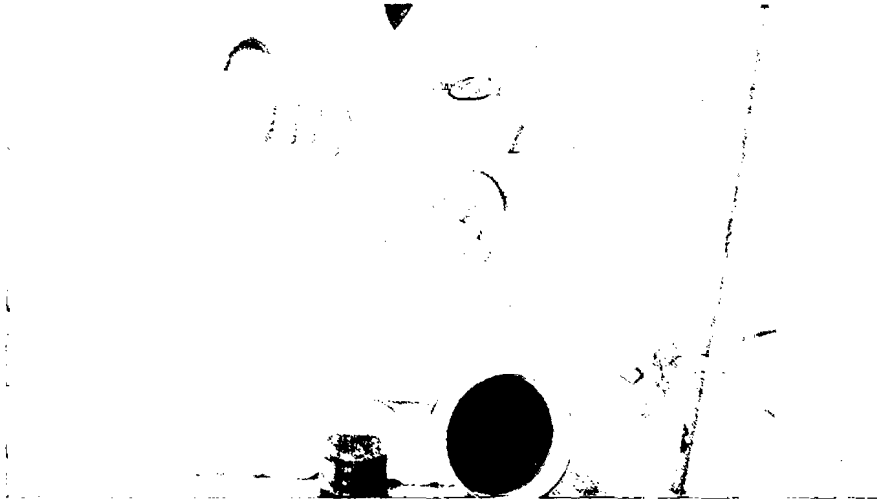
**EXTRACCIÓN ETANOLICA ACIDA**



## EXTRACCIÓN EN BOMBA DE VACIO CON EMBUDO BUCHENER



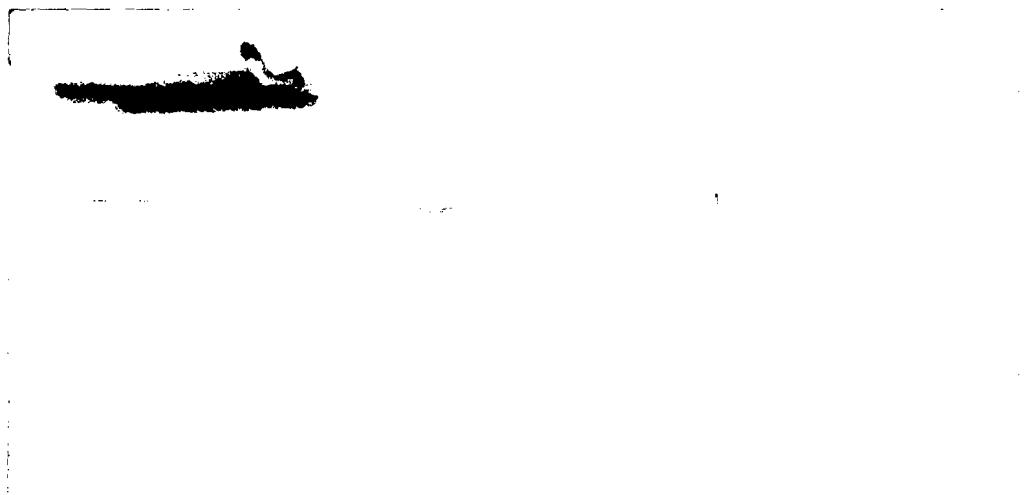
**AFORADO A 200 ML CON SOLUCIÓN DE ETANOL CON ACIDO CLORHÍDRICO (5:17)**



## DILUCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE ANTOCIANINAS PARA LA LECTURA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO UV



## PRUEBAS DE ESTABILIDAD DE LAS ANTOCIANINAS



## LECTURA DE LAS CONCENTRACIONES DE LAS ANTOCIANINAS EN EL ESPECTROFOTÓMETRO UV

