

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“VALOR NUTRICIONAL Y COMPUESTOS BIOACTIVOS  
DE 30 ACCESIONES DE KIWICHA  
(*Amaranthus caudatus* L.) DEL INIA-PERÚ”**

**Presentada por:  
RUTH ESTHER CHAMORRO GÓMEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Lima - Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**“VALOR NUTRICIONAL Y COMPUESTOS BIOACTIVOS  
DE 30 ACCESIONES DE KIWICHA  
(*Amaranthus caudatus* L.) DEL INIA-PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**RUTH ESTHER CHAMORRO GÓMEZ**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Dra. Maria Elena Villanueva  
**PRESIDENTE**

PhD. Ritva Repo-Carrasco Valencia  
**PATROCINADOR**

Mg.Sc. Gloria Pascual Chagman  
**MIEMBRO**

Mg.Sc. Walter Francisco Salas Valerio  
**MIEMBRO**

## DEDICATORIA

*A las dos fortunas más grandes que Dios me dio en mi vida: **Katerín** y **Alicia**. Por enseñarme a ser perseverante en la vida.*

*Con mucho cariño a mis amigos, las familias Walder, Hurtado Rojas, Cornelio Pablo, Godoy Huete, Landa Cordova; por demostrarme el amor de Dios con sus vidas.*

## AGRADECIMIENTOS

*En muestra de mi gratitud y aprecio es mi deseo expresar un profundo agradecimiento:*

*A mi Patrocinadora, la PhD. Ritva Repo-Carrasco Valencia por orientarme prudentemente, escucharme siempre, apoyarme desinteresadamente, darme la oportunidad de conocerla y aprender de sus sabios consejos para la vida y profesión.*

*Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) por el apoyo en la tesis en el marco del Proyecto que se ejecuta en al Área de Valoración y Uso de los Recursos Genéticos con Aptitud Industrial denominado "**Evaluación nutricional y compuestos bioactivos de accesiones promisorias de kiwicha del INIA**". Especialmente al Líder del Área de Valoración y Uso de los Recursos Genéticos con Aptitud Industrial, el Investigador Fredy Quispe Jacobo por sus inescrutables consejos y apoyo esencialmente a su equipo de trabajo por sus constantes instrucciones y compañerismo a Karina Ccapa, Rocío Galindo, Diego Chirinos, Milan Toledo, Miguel Guevara, Ana Rucabado, Yulisa, Carlos, Sianko y Aide.*

*A los Profesores Edwin Baldeón por las revisiones en el Proyecto de tesis y al Profesor Fernando Miranda Villagómez por su orientación en el análisis estadístico.*

*Por las disposiciones brindadas a los técnicos de laboratorio Sr Max Zuñiga y Zahara.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Kiwicha	3
2.1.1. Antecedentes	3
2.1.1.1. Origen	3
2.1.1.2. Características morfológicas del grano	4
2.1.2. Aspectos agronómicos y producción	4
2.1.2.1. Aspectos agronómicos	4
2.1.2.2. Producción nacional	7
2.1.3. Industrialización	8
2.1.3.1. Usos adicionales	9
2.2. Composición química de la kiwicha	9
2.2.1. Humedad	11
2.2.2. Ceniza	11
2.2.3. Proteína	11
2.2.4. Lípidos	12
2.2.5. Fibra cruda	13
2.2.6. Carbohidratos	13
2.2.7. Almidón	13
2.2.8. Amilosa y Amilopectina	14
2.2.8.1. Amilosa	14
2.2.8.2. Amilopectina	14
2.2.8.3. Métodos de análisis	14
2.2.9. Azúcares reductores	15
2.3. Compuestos bioactivos de la kiwicha	15
2.3.1. Fibra dietaria	15
2.3.1.1. Definición	16
2.3.1.2. Clasificación	16
2.3.1.3. Presencia	17
2.3.2. Fenólicos totales	17
2.3.2.1. Definición	17
2.3.2.2. Beneficios a la salud	17
2.3.2.3. Extracción	18
2.3.3. Flavonoides	19
2.3.3.1. Definición	19
2.3.3.2. Biosíntesis	19
2.3.3.3. Presencia	19
2.3.3.4. Extracción	19
2.3.4. Betalaínas	20
2.3.4.1. Definición	20

2.3.4.2. Estructura	20
2.3.4.3. Presencia	20
2.3.5. Capacidad antioxidante	21
2.3.5.1. Antioxidante	21
2.3.5.2. Radical libre	23
2.3.5.3. Métodos para determinar la capacidad antioxidante	23
2.4. Color del grano de la kiwicha	23
2.5. Propiedades funcionales de la kiwicha	24
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	26
3.1. Lugar de ejecución	26
3.2. Muestra	26
3.3. Materiales, equipos y reactivos	26
3.3.1. Materiales	26
3.3.2. Equipos	27
3.3.3. Reactivos	27
3.4. Métodos de análisis	28
3.4.1. Características morfológicas del grano	28
3.4.2. Composición química	28
3.4.2.1. Humedad	28
3.4.2.2. Ceniza	28
3.4.2.3. Proteína	28
3.4.2.4. Lípidos	28
3.4.2.5. Fibra cruda	28
3.4.2.6. Carbohidratos	28
3.4.2.7. Almidón	28
3.4.2.8. Amilosa y Amilopectina, con hidróxido de sodio	29
3.4.2.9. Amilosa y Amilopectina, con sulfóxido de dimetilo	29
3.4.2.10. Azúcares reductores	30
3.4.3. Determinación de compuestos bioactivos	30
3.4.3.1. Fibra dietaria	30
3.4.3.2. Preparación de la muestra	30
3.4.3.3. Fenólicos totales	30
3.4.3.4. Flavonoides totales	31
3.4.3.5. Betalaínas	31
3.4.3.6. Capacidad antioxidante por DPPH	31
3.4.3.7. Capacidad antioxidante por ABTS	32
3.4.4. Color del grano de la kiwicha	32
3.5. Metodología experimental	32
3.6. Análisis estadístico	33
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	34
4.1. Características morfológicas del grano de la kiwicha	34
4.2. Composición química de la kiwicha	35
4.2.1. Humedad	37
4.2.2. Ceniza	37

4.2.3. Proteína	38
4.2.4. Lípidos	40
4.2.5. Fibra cruda	41
4.2.6. Carbohidratos	41
4.2.7. Almidón	42
4.2.8. Amilosa y Amilopectina, con hidróxido de sodio	44
4.2.9. Amilosa y Amilopectina, con sulfóxido de dimetilo	44
4.2.10. Azúcares reductores	45
4.3. Determinación de compuestos bioactivos de la kiwicha	47
4.3.1. Fibra dietaria	47
4.3.2. Fenólicos totales	50
4.3.3. Flavonoides totales	54
4.3.4. Betalaínas	54
4.3.5. Capacidad antioxidante por DPPH	56
4.3.6. Capacidad antioxidante por ABTS	57
4.4. Color del grano de la kiwicha	57
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
VIII. ANEXOS	78

## Índice de Cuadros

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
Cuadro 1	Composición química del grano de la kiwicha.	10
Cuadro 2	Composición proximal de los granos andinos más importantes y de la kiwicha.	10
Cuadro 3	Contenido de FDT, FDI y FDS en los granos de kiwicha	17
Cuadro 4	Resultados de las características morfológicas de las accesiones de kiwicha.	34
Cuadro 5	Resultados del análisis proximal de las accesiones de kiwicha.	36
Cuadro 6	Resultados de almidón, amilosa y amilopectina con DMSO y NaOH.	43
Cuadro 7	Resultados de azúcares reductores.	46
Cuadro 8	Resultados de fibra dietaria de las accesiones de kiwicha.	48
Cuadro 9	Resultados de los compuestos bioactivos de las accesiones de kiwicha.	51
Cuadro 10	Correlación entre los compuestos fenólicos totales y flavonoides con DPPH y ABTS.	53
Cuadro 11	Resultados de las características de color de las accesiones de kiwicha.	58



## Índice de figuras

N°	Título	Pág.
Figura 1	Producción nacional de kiwicha comprendida a los años 2000 al 2015.	7
Figura 2	Estructura química de A) betanidina, una común betacianina y B) indicaxantina una betaxantina.	20
Figura 3	Estructuras generales del ácido betalámico (a), betacianina (b) y betaxantina (c). Betanina: R1 = R2 = H. R3 = grupo amina o aminoácido.	22
Figura 4	Representación tridimensional del espacio CIELAB que muestra un cilindro de croma constante, $C_{ab}^*$ , y un plano de ángulo de matiz constante, $h_{ab}$ .	24
Figura 5	Flujo de operación para la obtención de la harina.	32
Figura 6	Evaluación de las muestras.	33

## Índice de anexos

<b>N°</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
Anexo 1	Fotografías de las accesiones	78
Anexo 2	Análisis de varianza (ANVA) y Kruskal-Wallis de componentes nutricionales y bioactivos en accesiones de kiwicha	79
Anexo 3	Análisis complementario al ANVA	83
	3.1. Análisis estadístico de normalidad de errores.	83
	3.2. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas	98
	3.3. Gráfica de medias de los resultados de las 30 accesiones	113
Anexo 4	Flujograma de operaciones para determinación de FDI y FDS (siguiendo la metodología de kit Megazyme)	128

## RESUMEN

La presente investigación aportó conocimientos de las bondades nutricionales y funcionales de la kiwicha, un grano tan valioso, a la vez tan antiguo y poco consumido especialmente para los niños de nuestro país y para aquellas personas que buscan alternativas de consumo de alimentos sanos y nutritivos para evitar la obesidad gracias a su fuente de fibra dietaria. En esta investigación se evaluó la composición química y los compuestos bioactivos de granos de kiwichas. Los resultados de la composición química mostraron diferencias significativas en  $p \leq 0,05$  entre 30 diferentes accesiones de kiwicha. Las características del espacio de color en la escala CIE L\*, a\* y b\* dejan ver que L\* estaba entre 31,15 a 69,32. Los resultados en las accesiones evaluadas revelan entre 7,50 a 14,12 por ciento de fibra dietaria total; compuestos fenólicos totales entre 51,34 y 75,69 mg GAE/100g en peso seco (db); flavonoides totales entre 12,65 y 36,58 mg CE/100 g db, betalaínas entre 0,0 a 1,01 mg/100g db; capacidad antioxidante con DPPH entre 119,15 a 268,2  $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ; capacidad antioxidante con ABTS entre 383,06 a 790,34  $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ; azúcares reductores entre 1,60 y 4,51 por ciento db, expresado como glucosa; amilosa 1,77 a 16,74 por ciento con DMSO y entre 0,36 a 16,60 por ciento con NaOH. Además, contienen entre 53,47 a 63,58 por ciento de almidón. Se encontraron diferencias estadísticas para todos los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en todas las kiwichas evaluadas. Al analizar las dimensiones, el diámetro mayor comprendió entre 1,37 a 1,60 mm; diámetro menor entre 1,21 a 1,44 mm. Los análisis estadísticos de correlación de compuestos fenólicos totales con capacidad antioxidante por DPPH y ABTS muestran coeficientes de correlación significativas 0,610 y 0,714 respectivamente. La correlación entre la capacidad antioxidante con el radical DPPH y ABTS fue 0,823. La correlación entre el método para cuantificar amilosa usando DMSO y NaOH fue 0,883.

**Palabras claves:** Fibra dietaria, DPPH, ABTS, betalaínas, flavonoides, fenólicos totales.

## ABSTRACT

The present investigation contributed knowledge of the nutritional and functional benefits of the kiwicha, a grain so valuable, at the same time so old and little consumed especially for the children of our country and for those people who seek alternatives of consumption of healthy and nutritious foods to avoid obesity thanks to its source of dietary fiber. In this research, the chemical composition and bioactive compounds of kiwichas grains were evaluated. The results of the chemical composition showed significant differences in  $p \leq 0,05$  among 30 different accessions of kiwicha. The characteristics of the color space in the CIE L \*, a \* and b \* scale show that L \* was between 31,15 to 69,32. The results in the evaluated accessions reveal between 7,50 and 14,12 percent of total dietary fiber; total phenolic compounds between 51,34 and 75,69 mg GAE/100g dry weight (dw); total flavonoids between 12,65 and 36,58 mg CE/100 g dw, betalains between 0,0 to 1,01 mg/100g dw; antioxidant capacity with DPPH between 119,15 to 268,2  $\mu\text{mol TE}/100\text{g dw}$ ; antioxidant capacity with ABTS between 383,06 to 790,34  $\mu\text{mol TE}/100\text{g dw}$ ; reducing sugars between 1,60 and 4,51 percent dw, expressed as glucose; amylose 1,77 to 16,74 percent with DMSO and between 0,36 to 16,60 percent with NaOH. In addition, they contain between 53,47 to 63,58 percent starch. Statistical differences were found for all the bioactive compounds and antioxidant capacity in all the kiwichas evaluated. When analyzing the dimensions, the greater diameter comprised between 1,37 to 1,60 mm; smaller diameter between 1,21 to 1,44 mm. The statistical correlation analyzes of total phenolic compounds with antioxidant capacity by DPPH and ABTS showed significant correlation coefficients 0,610 and 0,714 respectively. The correlation between the antioxidant capacity with the DPPH and ABTS radical was 0,823. The correlation between the method for quantifying amylose using DMSO and NaOH was 0,883.

**Key words:** Dietary fiber, DPPH, ABTS, betalains, flavonoids, total phenolics.

## I. INTRODUCCIÓN

El grano en estudio es pequeño, mide de 1 a 1,5 mm de diámetro y el número de granos varía entre 1000 y 3000 por gramo según la variedad; las semillas son circulares, presentan alrededor de 19 tipos de colores, incluyendo el blanco, negro, amarillo, dorado, rosado y rojo, dependiendo de la especie (Montoya et al., 2015; Mostacero et al., 2006).

Se encontró que el INEI (2009) realizó una encuesta de consumo per cápita anual de los cereales como kiwicha, quinua y kañiwa en todo el Perú, siendo 0,6 kg/persona, mientras que el trigo y sus derivados se consumen hasta un 2,8 kg/persona. Por lo antes mencionado, el motor de esta investigación es divulgar aún más el consumo de los granos andinos que se tienen al final de la lista de compras o en el olvido. Se vive bombardeado con la idea de comer comidas ricas a la boca y no se valora alimentos con alto valor nutricional, provenientes de zonas andinas producidas en ambientes libre de contaminación y con suelos ricos en nutrientes (Peña, 2010). La ingesta de compuestos bioactivos contribuye a la protección de la salud, pues colabora a la disminución de riesgos de patologías como ciertas enfermedades cardiacas, el cáncer, etc. Protege las células de los daños producidos por los radicales libres (Paulino et al., 2013). Los cereales son una fuente de antioxidantes naturales gracias a que poseen compuestos fitoquímicos como compuestos fenoles, flavonoides, carotenoides, etc. (Bartosz, 2014).

Los granos de kiwicha tienen altas cantidades de proteína (16 por ciento) en comparación con el arroz, trigo, maíz y otros cereales que se consumen con más frecuencia (Plucknett et al., 1987; Vásquez, 2006), además, contienen buen nivel de aminoácidos esenciales tales como metionina (He et al., 2002). La fibra es importante en la dieta humana, como regulador de desórdenes biológicos, cáncer al colon, estreñimiento, obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares (Repo-Carrasco, 1998). Se estima que el consumo de 20 a 30 gramos de fibra no tiene ningún problema en la biodisponibilidad de minerales y en vista de los beneficios anteriores, se considera deseable un consumo de 3 a 5 porciones de vegetales, frutas y cereales integrales por día (Ramírez, 2001; citado por Peña, 2010).

Una alternativa muy interesante es utilizar estos granos en productos que no requieran de gluten (producto apto para personas que padecen de enfermedades celiacas), los granos de kiwicha son una alternativa para la producción de alimentos sanos y nutritivos debido a que poseen lípidos insaturados, fibra dietaria, compuestos fenólicos, amilopectina entre otros; una forma de consumo que se le da a la kiwicha es como cereal integral (Rchonlechner, 2013; citado por Repo-Carrasco, 2013; Natero y Romano, 2011).

En una investigación de mercado en Bolivia acerca de la kiwicha, se encuestó si conocían a la kiwicha, de las 226 personas, el 83 por ciento no tenían conocimiento alguno de la kiwicha, la recomendación en esta investigación es indagar y divulgar para dar a conocer sus propiedades nutritivas y funcionales para que estas personas puedan consumir este grano tan valioso (Bautista y Pico, 2009). De igual modo en una encuesta realizada en Ecuador, se encontró que el 80 por ciento (307 personas) no saben sobre las propiedades nutricionales de la kiwicha, apenas un 20 por ciento (77 personas) han escuchado sobre sus propiedades nutricionales (Herrera y Montenegro, 2012). El conocimiento de las especies *Amaranthus* como una fuente de fitoquímicos aumentará su importancia como una fuente potencial de estos compuestos en la dieta humana (Barba de la Rosa et al., 2008).

Con este estudio se aumentará el conocimiento de la kiwicha en cuanto a sus valores nutricionales, beneficios antioxidantes y presencia de compuestos bioactivos. También, se podrá cooperar en la investigación de 30 accesiones (cultivadas bajo las mismas condiciones ambientales), en la valoración y uso de los recursos genéticos para posteriores innovaciones y avances del Perú.

Los objetivos de la presente investigación son:

- Determinar el valor nutricional y los compuestos bioactivos de 30 accesiones de kiwicha,
- Evaluar la composición química de 30 accesiones de kiwicha
- Determinar el contenido de algunos compuestos bioactivos, fibra dietaria, fenólicos totales, flavonoides totales y betalainas de 30 accesiones de kiwicha.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Kiwicha**

#### **2.1.1. Antecedentes**

##### **2.1.1.1. Origen**

El grano de kiwicha se domesticó en América hace más de 4000 años por culturas precolombinas y posiblemente de allí se difundió a otras partes del mundo (Mujica, et al., 1997). Sin embargo, la especie *Amaranthus caudatus* se originó en los andes de América del Sur y crece en las zonas de Perú, Bolivia, Argentina y Ecuador (Repo-Carrasco, 1998).

La kiwicha fue uno de los alimentos primordiales de los incas poco más o menos similar en trascendencia como la papa y el maíz (Repo-Carrasco, 2014). Esta planta era cultivada por la población preincaica cuando llegaron los españoles y fueron ellos los que trasladaron la planta a Europa en donde se la usa como ornamento (Repo-Carrasco, 1998). Los granos silvestres de color oscuro sufrieron una modificación, ocasionada por los antiguos agricultores hasta llegar a tener un color blanco debido a que posee mayor sabor y calidad en el popeado (Sauer, 1977; citado por Repo-Carrasco, 2014).

La kiwicha es conocida con diversos nombres vulgares en el Perú como: achis, coyo, coimi y achita. En Bolivia como millmi y coimi. En Argentina como Incapachaqui, trigo de inca, etc. (Sumar, 1993). Las líneas Oscar Blanco y el Noel Vietmayer, son el resultado de la mezcla de ecotipos con alto potencial productivo de granos más conocidos del Perú y actualmente se están desarrollando nuevas variedades como Ayacuchana, Roja de Cajamarca, Consuelo, Otusco y San Luis (Tapia, 1997).

La kiwicha es un pseudocereal debido a que no es miembro de la familia de las gramíneas, pero produce semillas que pueden ser molidas en forma de harina y utilizadas como una cosecha de cereales (Repo-Carrasco et al., 2010a).

### 2.1.1.2. Características morfológicas del grano

El grano de la kiwicha tiene cuatro partes importantes: epispermo (cubierta seminal, constituida por una capa de células muy finas), endospermo (segunda capa del grano), embrión (constituido por cotiledones, parte que presenta mayor proporción de proteína) y perisperma (capa interna compuesta mayormente por almidones) (Peña, 2010). El embrión ocupa aproximadamente el 30 por ciento del grano, es una reserva importante de proteínas y lípidos (Natero y Romano, 2011). Su peso va de 0,46 a 0,70 mg/semilla (Salgado, 2006; Kaur et al., 2012).

Las plantas del género *Amaranthus* por presentar embrión dicotiledóneo no pueden ser incluidas en el grupo de los cereales. Los cereales pertenecen a la familia de las gramíneas, teniendo estas como característica común el ser monocotiledoneas cuyo cotiledón, localizado en el germen del grano, es denominado botánicamente escutelum o escudo. Por lo anteriormente expuesto los granos del género *Amaranthus* se denominan pseudocereales (Reyes, 2007).

### 2.1.2. Aspectos agronómicos y producción

#### 2.1.2.1. Aspectos agronómicos

##### a) Clasificación taxonómica

Según Mujica et al. (1997) la clasificación taxonómica del *Amaranthus caudatus* L. es de la siguiente manera:

Reino	:	Vegetal
División	:	Fanerogama
Tipo	:	Embryophyta siphonogama
Subtipo	:	Angiosperma
Clase	:	<i>Dicotyledoneae</i>
Subclase	:	<i>Anchylamideae</i>
Orden	:	<i>Centrospermales</i>
Familia	:	<i>Amaranthaceae</i>
Género	:	<i>Amaranthus</i>
Sección	:	<i>Amaranthus</i>
Especies	:	<i>caudatus, cruentus e hypochondriacus</i>



La familia *Amaranthaceae* son plantas dicotiledóneas herbáceas anuales o perennes que comprenden más de 60 géneros y unas 800 especies, de las cuales sólo unas pocas especies han sido ampliamente estudiadas (Becker et al., 1992). Mostacero et al. (2006) explican que la kiwicha cuenta con más de 120 ecotipos en los andes sudamericanos que se diferencian por el color y la forma de las hojas, tallo, panícula, fruto y grano.

Según Peter y Gandhi (2017) el género *Amaranthus* pertenece a la orden Caryophyllales, familia *Amaranthaceae*, sub-familia *Amaranthoideae*. Este incluye diversas plantas anuales con alrededor de 70 diferentes especies, 17 de las cuales son comestibles. La National Botanical Research Institute de la India (NBRI) tiene construido quizás una de las mejores colecciones cualitativas de germoplasma de kiwicha en el mundo, constituyendo casi 400 accesiones, pertenecientes a 20 especies, de las cuales cerca de la mitad pertenecen a los tipos de granos comestibles (Peter y Gandhi, 2017).

Las 455 especies identificadas del género *Amaranthus* son conocidas con la siguiente estadística: 105 son aceptados (23,1 por ciento), 262 sinónimos (57,6 por ciento) y 88 no evaluadas (19,3 por ciento). Sin embargo debido a los pocos estudios sistemáticos en kiwicha los números aún son provisionales. También la nomenclatura de *Amaranthus* es crítica desde que cientos de nombres fueron publicados durante siglos (El-Ghamery et al. 2017).

## **b) Morfología**

La planta de la kiwicha presenta diferentes coloraciones alcanzando ser púrpura, verde, amarilla, rosada o roja, sus hojas pueden medir entre 6,5 y 15 cm de longitud son alternas u opuestas, enteras y ligeramente pecioladas con colores entre verde oscuro y magenta; se caracteriza por ser un cultivo anual, cuyo tallo alcanza una altura de 0,80 a 2,50 m (Peña, 2010).

Presenta una inflorescencia llamada panoja la cual es una espiga terminal colgante y gruesa, puede medir cerca de un metro entre 0,5 y 0,9 m; la característica de la inflorescencia de la kiwicha que presenta ramificaciones y llega a ser inclinada debido al peso, además, pueden tener diferentes colores, amarillo, púrpura o rojo (Peña, 2010).

### **c) Cultivo**

Es un cultivo andino que se adapta muy bien a 3000 m.s.n.m., en estas zonas generalmente se siembra en los meses de octubre a diciembre (Tapia, 1997). También se puede cultivar en la costa, realizando la siembra en los meses de agosto a setiembre ya que se cuenta de 20 a 30°C de temperaturas, que benefician la floración y maduración de la planta (Peña, 2010). Sin embargo puede adaptarse hasta 3500 m.s.n.m. (Repo-Carrasco, 1998; Mostacero et al., 2006) y puede crecer hasta 3600 m.s.n.m. (National Research Council, 1989; citado por Repo-Carrasco, 2014).

### **d) Condiciones climáticas**

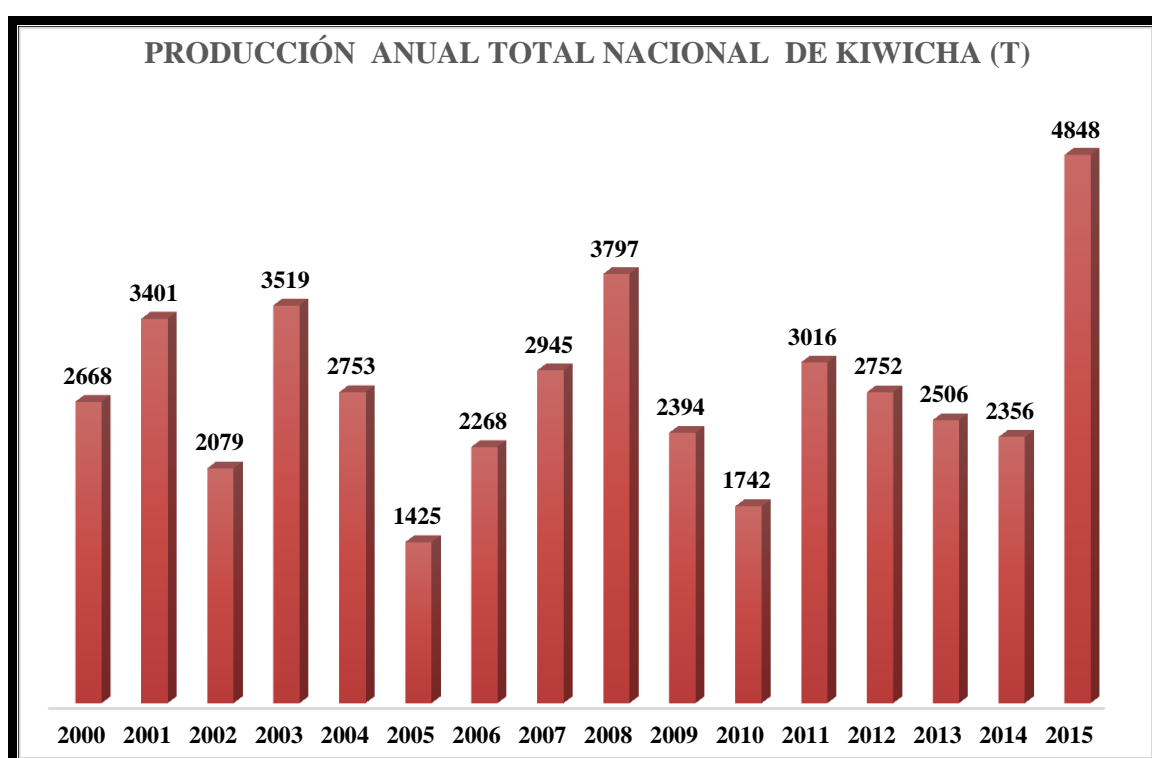
Mostacero et al. (2006) señalan que la kiwicha tiene un amplio rango de adaptación a diferentes tipos de climas, suelos y agua. Se puede desarrollar en climas tropicales y templados, húmedos y subhúmedos, también se desarrolla muy bien especialmente en la zona quechua. Prospera bien en temperaturas que fluctúan entre 18 y 24°C, pero la temperatura óptima de germinación de las semillas es a 35°C. Los autores consideran que la temperatura mínima de crecimiento es 8°C y si las temperaturas son inferiores a 4°C generan daños por enfriamiento y no soporta heladas. La planta de kiwicha posee características interesantes, su tallo posee un gran volumen de tejidos parenquimáticos, por lo que tiene la capacidad de almacenar una cantidad importante de agua y alimento, lo cual está favorecido por el hecho que posee un sistema radical que le permite obtener agua de las capas más profundas del suelo, por lo que puede retoñar, reproducirse y sostenerse durante todo el año con bajo suministro de agua (Molina, 2014).

### **e) Cosecha**

Mostacero et al. (2006) explican que la planta de la kiwicha, después de haber llegado al término del crecimiento de la inflorescencia de panoja, los granos pasan por dos etapas: la primera, también denominada etapa pastosa, durante la madurez fisiológica, se da la acumulación de azúcares disacáridos en la cual existe presencia de humedad superior al 30 por ciento que hace que los granos sean frágiles y existe menor concentración de fibras y potasio. La segunda también considerada etapa harinosa, en la cual se da la madurez de cosecha es decir los azúcares se convierten en almidón, las cubiertas de los granos llegan a ser rígidas esto implica la reducción de la humedad encontrándose de 10 a 20 por ciento, se manifiesta mayor presencia de fibra y potasio; es en esta etapa donde se puede cosechar con buenas características a la kiwicha.

### 2.1.2.2. Producción nacional

En la Figura 1 se observa la evolución de la producción de kiwicha en los últimos 15 años, se aprecia que la producción fluctúa entre 1425 y 4848 toneladas, correspondientes a los años 2005 y 2015. Siendo las producciones más bajas en los años 2005 y 2010. Cabe resaltar que en el año 2015, se presentó la mayor cantidad de toneladas de kiwicha producidas a nivel nacional, esto sería debido al incremento de la demanda, la misma que sería favorecida gracias a las investigaciones recientes de los granos andinos que resaltan el valor nutricional y motivan a los peruanos consumir granos andinos.



**Figura 1: Producción nacional de kiwicha comprendida a los años 2000 al 2015.**  
FUENTE: MINAGRI (2017).

Las regiones productoras son: Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, La Libertad y Lambayeque (MINAGRI, 2017). Al respecto Carrillo et al. (2015) afirman que los mayores productores de kiwicha en la región andina son Bolivia y Perú. Luego están los países como Estados Unidos, México, India, Japón y China; también se cultiva considerablemente en diferentes países de África.

### **2.1.3. Industrialización**

Repo-Carrasco (2014) explica que la forma más práctica de cocer las semillas de la kiwicha es colocarla en una superficie caliente a temperaturas de 180 a 190°C durante 20 a 30 segundos, a las cuales se les llaman kiwichas popeadas y se les puede mezclar con un jarabe para consumo directo, esta es la forma más frecuente de consumo en nuestro entorno.

La kiwicha molida o harina se puede usar en panificación (galletas, dulces, panqueques, mazamoras, bollos, etc.) como sustituto de la harina de trigo y las mezclas de trigo kiwicha (80/20) se puede usar para producir panes con muy buena fermentación, de esta manera se estaría mejorando el contenido nutricional del alimento (Sindhuja et al., 2005; citados por Repo-Carrasco, 2014).

De la kiwicha pueden desarrollarse diferentes alimentos novedosos como desarrollaron Galarza y Falcón (2011) una interesante colada a base de este grano, como una alternativa en la alimentación; este producto fue sometido a evaluación sensorial y fisicoquímica. Del resultado de la evaluación sensorial, las 20 panelistas consideraron que su sabor era exquisito, consistencia liviana (100 por ciento de evaluados). Con el análisis fisicoquímico de 100 ml de la bebida, comprobaron que tenía alto valor nutricional y que la kiwicha conserva sus propiedades nutricionales después de someterse a cocción. Siendo carbohidratos 52,4g; fibra 3,34g; proteínas 11,3g; azúcares 12,3g y ácidos grasos totales 2,2g. El único componente que se vio atenuado fue la proteína.

El proceso de extrusión de la kiwicha es una interesante alternativa debido a que mejora la calidad nutricional de la materia prima, gracias a que reduce los factores antinutricionales, esteriliza y texturiza el alimento bajo controles de humedad, temperatura, presión y tiempo según lo requerido, aumenta el contenido de extracto etéreo del mismo modo retiene el agua, incrementa la relación neta de proteína (RNP) y modifica el almidón (Morales et al., 2014).

Tapia-Blácido et al. (2005) desarrollaron y caracterizaron biopelículas a base de *A. caudatus*. Ellos evaluaron la viabilidad de la utilización de la harina de kiwicha para la formación de la película con diferentes formulaciones que tenga mejores propiedades

físicas. La caracterización consistió en realizar pruebas mecánicas, de solubilidad y permeabilidad al agua y al oxígeno. También evaluaron las propiedades ópticas como color y opacidad. Llegaron a la conclusión que la harina de kiwicha puede servir como materia prima para la formulación de recubrimientos y películas comestibles, gracias a los lípidos y proteínas presentes se obtiene mejores propiedades de barrera comparado con otros biofilms.

### **2.1.3.1. Usos adicionales**

Repo-Carrasco et al. (2009) mencionan que las hojas de la kiwicha se pueden usar como las espinacas. Estas hojas y tallos se hierven como verdura, las flores de las variedades tintas se usan como colorantes en bebidas tradicionales en Perú y Ecuador. Después de que el grano ha sido trillado, el residuo de la planta puede ser usado como una fuente de alimentación de ganado incluso puede servir de alimento para los animales en temporadas de sequía como suelen usar los agricultores.

Molina (2014) realizó la formulación de un alimento balanceado a base de *Amaranthus dubius* Mart. Ex Thell para conejos de engorde, en el cual tuvo buenos resultados. Las hojas, tallos y panículas mostraron una baja concentración de oxalatos, fitatos así como ausencia de cianuro por lo antes mencionado el autor recomienda como materia prima potencial para ser utilizada en la industria agroalimentaria. Los conejos de la raza Nueva Zelanda blancos (alimentados con 0,16 y 32 por ciento de *A. dubius*) presentaron un peso final de 1883,24g. El autor concluye que los conejos mostraron un crecimiento normal de acuerdo a las condiciones experimentales.

## **2.2. Composición química de la kiwicha**

La kiwicha es una fuente importante de alimentación para los seres humanos, porque presenta alto valor nutricional (Cuadro 1) con contenidos muy significativos de proteína, carbohidratos, grasa, vitaminas y minerales (Vásquez, 2006; Mostacero et al., 2006).

La calidad nutricional de un alimento depende de la cantidad y calidad de los nutrientes presentes, la cantidad de nutrientes de los cereales es influenciada por la variedad del cereal que se evalúe, la región en la cual se cultiva, las prácticas agronómicas que se le aplican y el grado de extracción de la harina. En cambio la disponibilidad de nutrientes

depende del grado de extracción, contenido de fibra, fitatos y componentes de la dieta general (Repo-Carrasco, 1998).

**Cuadro 1: Composición química del grano de la kiwicha.**

Componente	(g/100g de muestra)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
Humedad		--	12,3	--	--	--	11,1 -12,1	--	9,5
Proteína	13-19	14,8-17,3	14,5	15,8	14,5	15,5	13,7-15,9	15,5	16,2
Lípidos	5-13	7,9-8,9	6,5	8,1	6,4	7,6	6,1-6,5	7,6	9,1
Fibra	--	1,9-2,5	---	3,2	5	--	2,7-7,5	4,7	6,6
Cenizas	--	3,3-3,9	--	3,2	2,6	3,2	2,2-2,8	3,4	2,2
Carbohidrat.	--	--	66,2		71,5		55,5-63,7	68,8	65,9
Almidón	--	--	--	--	--	65	--	--	--

FUENTE: (a) Bressani et al., (2003); (b) Barba de la Rosa et al., (2008); (c) Muñoz (2010); (d) Plucknett et al., (1987); (e) Repo-Carrasco (1998); (f) Becker et al., (1992); (g) Repo-Carrasco et al., (2010a); (h) Cross et al., (1989); citados por Repo-Carrasco, (2014); (i) Vega (2013).

La kiwicha posee un alto valor nutricional e interesantes propiedades fisicoquímicas, algunos de estos componentes nutricionales sobrepasan a otros granos, como es el caso de la proteína y buen nivel de aminoácidos esenciales, investigaciones recientes han demostrado que este grano no presenta prolaminas, tóxicas perjudiciales a la salud (Rchonlechner, 2013; citado por Repo-Carrasco, 2013).

En la Cuadro 2, se distinguen los valores de componentes más importantes de los granos andinos más cultivados en el Perú.

**Cuadro 2: Composición proximal de los granos andinos más importantes y de la kiwicha.**

COMPONENTE	CEREAL									
	Kiwicha	Cebada	Avena	Centeno	Triticale	Arroz	Maíz	Sorgo	Quinoa	Kaniwa
Proteína	14,5	11,8	11,6	13,4	15,0	9,1	11,1	12,4	14,4	18,8
Lípidos	6,4	1,8	5,2	1,8	1,7	2,2	4,9	3,6	6,0	7,6
Fibra cruda	5,0	5,3	10,4	2,6	2,6	10,2	2,1	2,7	4,0	6,1
Ceniza	2,6	3,1	2,9	2,1	2,0	7,2	1,7	1,7	2,9	4,1
Carbohidratos	71,5	78,1	69,8	80,1	78,7	71,2	80,2	79,7	72,6	63,4

FUENTE: Repo-Carrasco (1992).

### **2.2.1. Humedad**

La humedad representa el contenido de agua de cada alimento, obtenido por método gravimétrico. Los granos de kiwicha presentan humedad desde 9,2 a 12,3 por ciento (Tapia, 1997; Tablas Peruanas de Composición de alimentos, 2009; Muñoz, 2010). La gran dispersión del porcentaje de humedad en los granos de kiwicha evidencia los diversos manejos post cosecha previo al almacenamiento así como también el periodo y condiciones de almacenaje (Reyes, 2007). En muchas ocasiones, el agua no ha sido considerada como nutrimento porque no sufre cambios químicos durante sus aprovechamiento biológico; pero es un hecho que sin ella no pueden llevarse a cabo innumerables transformaciones bioquímicas propias de todas las células vivas (Badui, 2006).

### **2.2.2. Ceniza**

Las cenizas se obtienen por incineración del alimento en mufla (Tablas Peruanas de Composición de Alimentos, 2009). La presencia de ceniza en el grano de kiwicha varía desde 2,2 a 3,9 por ciento (Vega, 2013; Barba de la Rosa., 2008). Existe una gran variación en la composición química de acuerdo a la variedad genética, la edad de maduración de la planta, la localización del cultivo y la fertilidad del suelo (Tapia, 1997). Los granos de kiwicha tienen altos niveles de minerales como calcio, hierro, magnesio, manganeso fosforo, cobre, potasio y sodio comparados con otros granos de cereales (Kaur et al., 2010; Akin-Idowu et al., 2017; Paucar-Menacho et al., 2017). Por su contenido de minerales y otros nutrientes la kiwicha podría convertirse en alimento alternativo; por ejemplo, su contenido alto de hierro puede disminuir la incidencia de anemia en los niños, o los problemas de crecimiento causados por la deficiencia de zinc (Molina et al., 2011).

### **2.2.3. Proteína**

La kiwicha es una buena fuente de proteínas (13 a 19 por ciento) con un adecuado balance de aminoácidos esenciales (Paucar-Menacho et al., 2017; Castro-Giráldez et al., 2012) como la lisina, el triptófano, la cisteína y la metionina (Carrillo et al., 2015). Akin-Idowu et al. (2013) evaluaron 29 accesiones, por el método micro-Kjeldahl, pertenecientes a 5 especies (*A. caudatus*, *A. cruentus*, *A. hybrid*, *A. hypochondriacus* y *A. hybridus*) provenientes de diferentes países que presentaron entre 11,77 a 19,01 g/100g de muestra; concluyen que la kiwicha es una buena fuente de proteínas que supera a otras fuentes como maíz, trigo, sorgo, arroz y oca. El contenido de proteínas y aminoácidos depende del

genotipo y de las condiciones ambientales para el crecimiento de la planta (Akin-Idowu et al., 2013).

La calidad de las proteínas se asemeja incluso a proteínas de origen animal como las de leche de vaca y huevo de gallina; además posee un alto grado de digestibilidad. Las proteínas de kiwicha están constituidas principalmente por albuminas que conforman alrededor del 49 al 65 por ciento del total, seguidas en abundancia por las glutelinas, de 22,4 al 42,3 por ciento, las globulinas; del 13,7 al 18,1 por ciento y finalmente las prolaminas que conforman del 1 al 3,2 por ciento del total de proteínas. Además posee péptidos con actividad biológica entre los que se encuentran inhibidores de proteasas y alfa-amilasas, se ha sugerido la presencia de péptidos bioactivos en la secuencia de proteínas de reserva de *A. hypocondriacus* estos péptidos presentarían actividad antitrombótica, inmunomoduladora, antioxidante, antihipertensiva e inhibidores de proteasa (Carrillo et al., 2015).

Morales et al., (2014) afirma que el valor biológico del *A. hypocondriacus* sin ningún tratamiento tiene el valor de 73 por ciento, mientras que el *A. caudatus* popeado llega incluso hasta 86 por ciento, lo cual indica que la disponibilidad de aminoácidos indispensables de la proteína es elevada.

#### **2.2.4. Lípidos**

Los lípidos se encuentran en el embrión y las células del endospermo del grano de kiwicha (Morales et al., 2014). Los contenidos de lípidos en la kiwicha son significativos (de 5 a 13 por ciento) (Paucar-Menacho et al., 2017). También posee niveles significativos de escualeno, un precursor importante para todos los esteroides (He et al., 2002; Castro-Giráldez et al., 2012).

Conforti et al., (2005) identificaron los ácidos grasos insaturados presentes, en la variedad Victor rojo encontraron: ester metílico del ácido hexadecanoico; ácido hexadecanoico; ester metílico del ácido 9,12-octadecadienoico; ácido 9,12-octadecadienoico, ester 2,3-dihidroxipropilo; 9,12-octadecadien-1-ol;  $\alpha$ -tocoferol;  $\beta$ -tocoferol;  $\gamma$ -tocoferol; (3  $\beta$ , 5a)-ergost-7-en-3 $\beta$ -ol; (3  $\beta$ , 5a)-stigmasta-7,16-dien-3-ol y  $\beta$  (3, 5a, 24s) -stigmasta-7-en-3  $\beta$  ol.



### **2.2.5. Fibra cruda**

Con este nombre se designa a un grupo muy amplio de polisacáridos, de los considerados estructurales, que no son aprovechados metabólicamente por los organismos monogástricos incluyendo el hombre, pero que cumplen una función muy importante en el bienestar del individuo (Badui, 2006).

Las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2009), definen a la fibra cruda como el producto obtenido de la hidrólisis con ácido y soda, en una muestra previamente desgrasada y luego el residuo es secado, pesado y se calcina a una temperatura comprendida entre 475 y 500°C. La pérdida de peso debida a la calcinación corresponde a la fibra bruta de la muestra. Los granos de kiwicha presentan entre 1,9 a 6,7 por ciento de fibra (Barba de la Rosa et al., 2008; Tapia, 1997).

### **2.2.6. Carbohidratos**

Morales et al., (2014) explican que los carbohidratos están presentes dentro de la semilla. Los granos de kiwicha presentan desde 55,5 a 71,5 por ciento de carbohidratos (Repo-Carrasco et al., 2010a; Tapia, 1997; Repo-Carrasco, 1998).

Según las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2009), los carbohidratos totales son calculados por diferencia, es decir restando de 100, el peso en gramos de los macrocomponentes, como la humedad, ceniza, proteínas, lípidos y fibra.

### **2.2.7. Almidón**

El almidón es la principal fuente de almacenamiento de energía en los vegetales, ya que se encuentra en grandes cantidades en las diversas variedades de plantas, como, por ejemplo, en los granos de cereales, los cuales contienen entre 60 y 75 por ciento de su peso seco de almidón (Thomas y Atwell, 1999).

El almidón es el carbohidrato más abundante en los granos de *Amaranthus*, constituyendo alrededor del 62 por ciento del peso total del grano (Becker et al., 1989; citados por Reyes, 2007). Otras investigaciones reportan proporciones de almidón que fluctúan entre 50 a 60 por ciento del peso total del grano (Schenetzler y Breene, 1994; citados por Reyes, 2007).

## **2.2.8. Amilosa y Amilopectina**

### **2.2.8.1. Amilosa**

La amilosa es definida como un polímero esencialmente lineal, formado por unidades de  $\alpha$ -D-glucosa unidas en un 99 por ciento por enlaces  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) y uno por ciento por enlaces  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6). La amilosa tiene una masa molecular de aproximadamente 105-106 Dalton (Da), con un grado de polimerización (GP) de 324 a 4920, siendo este el número de unidades de glucosa que se encuentran unidas en una cadena, con alrededor de 9 a 20 puntos de ramificación equivalentes entre 3 a 11 cadenas por molécula. Cada cadena contiene aproximadamente 200 a 700 glucosas, equivalentes a una masa molecular de 32400 a 113400 Da (Buléon et al., 1998; Tester et al., 2004; citados por Reyes, 2007). El contenido de amilosa en el grano *Amaranthus*, constituye entre cero a 22 por ciento del total de la amilosa presente (Schenetzler y Breene, 1994; citados por Reyes, 2007). Marconi (2001) citado por Reyes (2007) reporta que el contenido de amilosa para *A. hypocondriacus* es 4,17 por ciento respecto al contenido total de almidón presente en el grano.

### **2.2.8.2. Amilopectina**

La amilopectina es un polímero altamente ramificado, el cual es considerado como uno de las más grandes biomoléculas conocidas. La amilopectina está formada completamente de  $\alpha$ -D-glucosa unidas principalmente de enlaces (1 $\rightarrow$ 4), pero con 5 a 6 por ciento de enlaces (1 $\rightarrow$ 6) en los puntos de ramificación. La amilopectina tiene un peso molecular de aproximadamente de  $10^7$  a  $10^9$  Da pero principalmente fluctúa en  $10^8$  Da (Tester et al., 2004; citados por Reyes, 2007). Bressani (1994); citado por Reyes (2007) menciona que el almidón está constituido principalmente por amilopectina y solo de 5 a 7 por ciento de amilosa.

### **2.2.8.3. Métodos de análisis**

Consiste en medir la intensidad del color azul del complejo formado con una solución de yodo. La formación de complejo helicoidal entre amilosa y la solución de yodo. El yodo interacciona con amilosa forjando hélices a la derecha, las hélices constan de residuos de seis glucosas anhidras que tienen una cavidad hidrofóbica de 0,5 nm. El yodo está presente casi dentro de cada vuelta de la hélice de amilosa, paralelo a su eje longitudinal (McGrance et al., 1998).

### **2.2.9. Azúcares reductores**

Los azúcares presentes en la kiwicha son glucosa, fructosa, maltosa y sacarosa (Repo-Carrasco, 1992). Las moléculas de azúcares que actúan como agentes reductores contienen un grupo aldehído y constan de una estructura en cadena. Los azúcares monoméricos existen en solución acuosa en equilibrio entre sus estructuras de cadena abierta y anillo, pero solo las estructuras abiertas son responsables de su actividad reductora. Los azúcares reductores producen colores pardos que poseen un interés y son deseables en algunos alimentos (Najmus y Whitney, 2011).

### **2.3. Compuestos bioactivos de la kiwicha**

Los compuestos bioactivos asociados a la fibra presentan las siguientes características: son componentes minoritarios de los alimentos; son no nutrientes, generalmente metabolitos secundarios en los vegetales; son biodisponibles, al menos parcialmente; han mostrado un efecto positivo para la salud y los mecanismos de sus funciones biológicas y/o metabólicas en el organismo humano no están completamente establecidos. Entre estos compuestos destacan los polifenoles, carotenoides y los fitoesteroles, como los más significativos (Lajolo et al., 2001; citados por Peña, 2010). Los cereales son una fuente de antioxidantes naturales gracias a que poseen fitoquímicos como compuestos fenólicos, flavonoides, carotenoides, etc. (Bartosz, 2014). La ingesta de compuestos bioactivos contribuye a la protección de la salud, pues colaboran a la disminución de riesgos de patologías como ciertas enfermedades cardíacas, el cáncer, etc. Protege las células de los daños producidos por los radicales libres (Paulino et al., 2013).

#### **2.3.1. Fibra dietaria**

La fibra es insoluble en agua y por lo general se asocia con los componentes estructurales tales como hemicelulosa y pectina, además la lignina y la cutina son los principales componentes (Badui, 2006; Repo-Carrasco et al., 2009). La celulosa es un polímero de glucosa, tiene la misma fórmula química del almidón y con enlaces estables  $\beta$  (1,4) su cadena es lineal y larga por lo cual es insoluble además resiste a la degradación enzimática; por su parte la hemicelulosa puede ser soluble o insoluble en agua. Dentro de las paredes celulares de los granos se encuentran también las pentosanas o polímeros de azúcares de cinco carbonos como la arabinosa y xilosa. La fibra soluble como las pectinas, glucanos,

pentosanas, reducen el nivel de colesterol de la sangre evitando la adquisición de problemas cardiovasculares (Repo-Carrasco, 1998).

#### **2.3.1.1. Definición**

La Asociación Americana de Químicos de Cereales, AACC (2000) denomina fibra dietaria a los tejidos comestibles, polímeros de las plantas resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano pero susceptible a la fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietaria consiste en un grupo muy grande de sustancias que no son hidrolizados por enzimas presentes en el intestino delgado. La mayor fuente de fibra dietaria para el hombre proviene de cereales, frutas y vegetales (Bartosz, 2014).

Del total de carbohidratos de la dieta, solo una pequeña proporción se encuentra en forma de polisacáridos, no-almidón (aproximadamente 5 por ciento del total de la dieta). Esta fracción es el componente mayoritario de la fibra dietaria o alimentaria (Peña, 2010). La fibra dietaria es considerada por la ciencia de la nutrición y alimentos como componentes bioactivos y vistas como igual en importancia que las vitaminas y minerales y por lo tanto importantes componentes nutricionales (Ramírez, 2001; citado por Peña, 2010).

#### **2.3.1.2. Clasificación**

La fibra dietaria puede clasificarse según: a) su relación con la estructura de la pared celular, b) su naturaleza química (polisacáridos no relacionados con el almidón y polisacáridos no relacionados con la celulosa) y c) su solubilidad en agua. Este último criterio de clasificación es el más importante desde el punto de vista de nutrición humana (Periago et al., 1993; citados por Peña, 2010). De acuerdo al tercer criterio de clasificación, se tiene la fibra dietaria soluble (FDS) y la fibra dietaria insoluble (FDI) en agua y ambas fracciones se caracterizan por tener efectos fisiológicos totalmente distintos. La FDI está compuesta por celulosas, gran parte de hemicelulosas y ligninas; mientras que la FDS se compone de pectinas, ciertas hemicelulosas, gomas y mucilagos (Park, 2000; Marlett y Chesters, 1985; Blaney et al., 1996 y Bollinger, 1999; citados por Peña, 2010).

### 2.3.1.3. Presencia

Repo-Carrasco et al. (2009) encontraron 13,80 por ciento de fibra dietaria total (FDT) para la variedad Oscar Blanco y 16,37 por ciento para la variedad Centenario (Cuadro 3). Afirman que en la fibra dietaria se encuentran los polisacáridos, oligosacáridos, ligninas y sustancias vegetales (cera, cutina y suberina).

**Cuadro 3: Contenido de FDT, FDI y FDS en los granos de kiwicha.**

Descripción	Cantidad		
	a	b	
Fibra dietaria total (FDT)	8,95	16,37*	13,80**
Fibra dietaria insoluble (FDI)	5,76	13,92	12,15
Fibra dietaria soluble (FDS)	3,19	2,45	1,65

FUENTE: a) Repo-Carrasco (1992).

b) Repo-Carrasco et al., (2009).

\*Variedad Centenario\*\*Variedad Oscar Blanco.

### 2.3.2. Fenólicos totales

#### 2.3.2.1. Definición

Los polifenoles son micronutrientes abundantes en nuestra dieta (Manach et al., 2004) y son sustancias con uno o más anillos aromáticos y al menos, un sustituyente hidroxilo (Badui, 2006), a los que se atribuye su rol en la prevención de enfermedades degenerativas tal como cáncer y males cardiovasculares, el efecto benéfico de los polifenoles dependen de la cantidad consumida y de su biodisponibilidad (Manach et al., 2004). Entre los más ampliamente distribuidos, están el fenol, cresol, timol, resorcinol, ácidos fenólicos (gálico, vainillínico, hidrogenbenzoico y aldehídos) y ácido fenol acético (Peña, 2010).

Los compuestos polifenólicos son los compuestos bioactivos antioxidantes más abundantes y forman una parte integral en la dieta humana. Son compuestos naturales que se distribuyen en las plantas superiores, siendo productos de su metabolismo secundario (Ríos et al., 2003; citados por Menacho, 2014).

#### 2.3.2.2. Beneficios a la salud

Los efectos en nutrición y salud de los polifenoles están determinados por la clase o tipo, por su biodisponibilidad, tamaño molecular y solubilidad. Entre las propiedades más

conocidas tenemos: capacidad de unirse y precipitar proteínas de la dieta, proteínas endógenas y enzimas; formación de complejos con el almidón y reducción de la respuesta glicémica; mayor excreción de grasa, efecto hipocolesterolémico; reducción de la absorción de hierro, cobre y zinc y son antioxidantes que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de la propagación de la reacción de oxidación (Martínez-Valverde et al., 2000; citados por Peña, 2010).

### **2.3.2.3. Extracción**

La extracción de los compuestos fenólicos a partir de las plantas está influenciado por su naturaleza química, el método de extracción empleado, el tamaño de la partícula de la muestra, el tiempo de almacenamiento y sus condiciones, así como la presencia de sustancias interferentes. La naturaleza química de los fenólicos en las plantas varía desde sustancias simples hasta sustancias altamente polimerizadas que influyen varias proporciones de ácidos fenólicos fenilpropanoides, antocianinas, taninos entre otros, pudiendo existir carbohidratos, proteínas y otros componentes de la planta (Shan et al., 2005; citados por Jumbo, 2012).

Independientemente del tipo del solvente que se utilice, la extracción siempre es incompleta y una cantidad de compuestos polifenólicos puede quedar en los residuos de la extracción. Es así que los compuestos polifenólicos se pueden dividir en polifenoles extraíbles (PE), aquellos que se solubilizan en los disolventes acuoso orgánicos y polifenoles no extraíbles (PNE), los que quedan retenidos en el residuo resultante tras la extracción acuosa orgánica (Menacho, 2014).

La solubilidad de los compuestos fenólicos está determinada por el tipo de solvente (en función de su polaridad), grado de polimerización de los fenólicos, así como la interacción de los fenólicos con otros constituyentes del alimento y la formación de complejos insolubles. El metanol, etanol, acetona, agua, acetato de etilo, entre otros; son los solventes frecuentemente usados para la extracción de estos compuestos; con menor frecuencia se usa propanol, dimetilformamida y sus combinaciones. Los compuestos fenólicos se pueden extraer de muestras de plantas frescas, congeladas, secas o liofilizadas. El tratamiento de la muestra previa a la extracción afecta a la extracción de los fenólicos, por lo que para evaluar su proceso de extracción propiamente dicho todas las muestras deben ser tratadas de manera similar (Antolovich et al., 2000; citados por Jumbo, 2012).

### **2.3.3. Flavonoides**

#### **2.3.3.1. Definición**

Badui (2006) afirma que son pigmentos nitrogenados y que el tamaño de su estructura depende de su grado de polimerización. Dada su capacidad de capturar radicales libres y de crear complejos con los iones metálicos, tienen una actividad antioxidante muy alta; sin embargo, el hecho de que sean poco solubles en lípidos los hace poco adecuados para este fin (Badui, 2006), la rutina y sus metabolitos pueden modular eficazmente la formación avanzada del producto final de glicación, que se asocia con numerosas patologías (Cervantes et al., 2006).

#### **2.3.3.2. Biosíntesis**

Los flavonoides se forman biogenéticamente a través de la ruta del shikimato y del acetato malonato, siendo la chalcona el flavonoide inicialmente formado, y a partir de la cual se derivan las otras clases por posteriores modificaciones que ocurren en varias etapas. Así mismo cada una de estas clases puede sufrir posteriores mutilaciones, isoprenilaciones o glicosidaciones de los grupos hidroxilos, metilaciones del grupo o-hidroxilos, dimerizaciones, etc. (Lock, 1994; citado por Vásquez, 2006).

#### **2.3.3.3. Presencia**

Barba de la Rosa et al. (2008) encontraron fitoquímicos en harina de semilla de la kiwicha, estos fueron polifenoles: rutina, isoquercitina, y nicotiflorin, estando en mayor concentración la primera con 10,1 mg/g de harina.

#### **2.3.3.4. Extracción**

Lock, (1997) indica que los flavonoides tienen una absorción en la región ultravioleta visible del espectro debido a la presencia de sistemas aromáticos y conjugados; son solubles en agua y etanol. Es recomendable hacer una clasificación preliminar de los colorantes del tipo flavonoide, se puede evaluar su solubilidad y comportamiento ante reacciones de color, después se pueden someter a un examen cromatográfico directamente del extracto o del hidrolizado del mismo. Respecto a la separación puede realizarse con procedimientos cromatográficos y la identificación de los componentes individuales por comparaciones cromatográficas y espectroscópicas con compuestos estándar u otros.

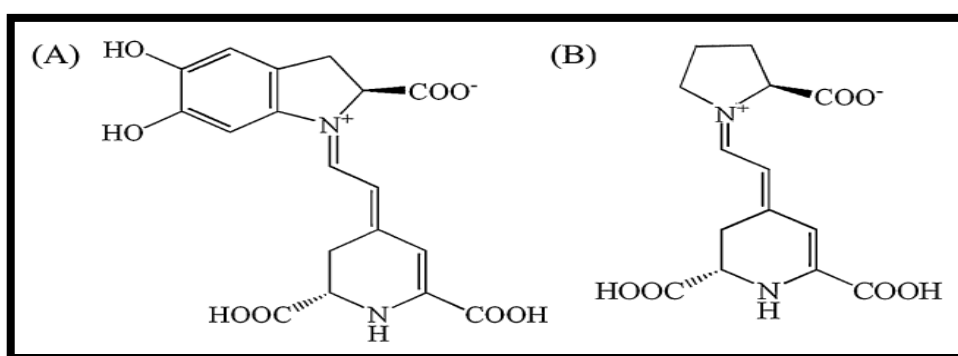
## 2.3.4. Betalaínas

### 2.3.4.1. Definición

Este término se refiere a un grupo de aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles, con estructuras de glucósidos, derivados de la 1,7-diazoheptametina, y que se han dividido en dos grandes clases: los rojos o betacianinas, y los amarillos o betaxantinas (Jain y Gould, 2015).

### 2.3.4.2. Estructura

Las betalaínas originalmente fueron llamadas antocianinas nitrogenadas, incorrectamente asignadas debido a sus estructuras similares entre estas dos clases de pigmentos. El término betalaína deriva del ácido betalámico, actualmente se conoce dos estructuras. Las betaxantinas, son los productos de condensación de ácido betalámico más compuestos aminos y las betacianinas, son formadas por glicosilación y acilación del ciclo -DOPA (Jain y Gould, 2015), como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2: Estructura química de A) betanidina, una común betacianina y B) indicaxantina, una betaxantina.**

FUENTE: Jain y Gould (2015).

### 2.3.4.3. Presencia

Inicialmente se creía que las betalaínas solo estaban presentes en 10 familias del orden criophyllales o centrosperma: *aizoaceae*, *amaranthaceae*, *basellaceae*, *cactaceae*, *chenopodeaceae*, *didieraceae*, *holophytaceae*, *nyctaginaceae*, *phytolaceae* y *portulacaceae* (Lock, 1997), pero nuevas investigaciones por Khan y Giridhar (2015) mencionan que las betalaínas están presentes en más familias: *achatocarpanacea*, *aizoacaceae*, *amaranthaceae*, *anacampserotacea*, *basellaceae*, *cactaceae*, *didiereacea*, *gisekiaceae*, *halophytaceae*, *lophiocarpaceae*, *monteaceae*, *nictaginaceae*, *phytolacarpaceae*, *portulacaceae*, *sarcobatacea* y otros.



La presencia de betalaínas en plantas es mutuamente excluyente de las antocianinas. La betalaína presente en la kiwicha (*Amaranthus tricolor*) es la amarantina, se presenta en dos formas isoméricas, como amarantoina e isoamarantina (Badui, 2006). Repo-Carrasco et al. (2010a) encontraron amarantina, isoamarantina y betanina la concentración fue 1; 0,8 y 1,9 mg/100g en kiwicha rosada proveniente del Cusco.

Las betalaínas se caracterizan por presentar colores que van desde el rojo hasta violeta, además la presencia de estos colorantes es evidencia que no están presentes las antocianinas (Lock, 1997).

Las betalaínas como la betacianinas las cuales presentan coloración roja pueden ser apreciadas a 540 nm de longitud de onda y las betaxantinas de característico color amarillo a una longitud de onda de 480 nm (Lock, 1997). Las betalaínas tienen máxima absorción en las regiones UV visibles debido a la naturaleza fenólica del ácido betalámico y los dienos conjugados de estructura 1,7-diazoheptametina, (Piattelli et al., 1964a; Gandía-Herrero et al., 2010; citados por Khan y Giridhar, 2015).

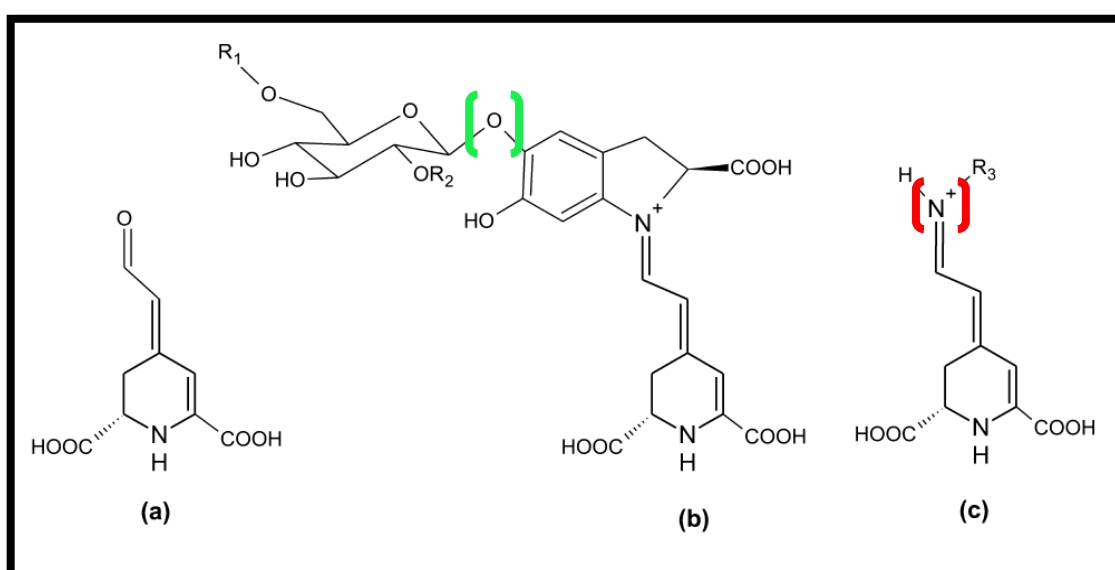
### **2.3.5. Capacidad antioxidante**

Los antioxidantes naturales pueden proteger el ADN, las proteínas y los lípidos de la membrana del daño oxidativo en los sistemas biológicos así proporcionan beneficios para la prevención de enfermedades y promoción de la salud (Halliwell, 1996). Repo-Carrasco et al. (2009) evaluaron la actividad antioxidante de las semillas de kiwicha, según el método DPPH, la variedad Centenario tenía 410,0  $\mu\text{mol trolox/g}$  y a variedad Oscar Blanco 398,1  $\mu\text{mol trolox/g}$ , mientras que por el método ABTS tuvieron valores más altos 670,1  $\mu\text{mol trolox/g}$  en Oscar Blanco y 827,6  $\mu\text{mol trolox/g}$  en la variedad Centenario, esto debido a que el método ABTS, genera un tiempo de reacción más corto.

#### **2.3.5.1. Antioxidante**

Sustancia que cuando está presente en bajas concentraciones en comparación con aquellos sustratos vulnerables a la oxidación, retarda o previene dicha oxidación; contribuye a la protección del cuerpo humano en contra del daño producido por las especies reactivas de oxígeno (ROS), denominadas también radicales libres o moléculas prooxidantes (Halliwell et al., 1995; citados por Rojas, 2013). Según Escribano et al. (1998); citados por Morales (2007) la actividad antiradical de las betacianinas fue mayor que de las betaxantinas y ésta

se incrementó con el pH del medio de reacción. Explican que la diferencia en la actividad antioxidante entre ambos tipos de betalainas por la facilidad con que es posible retirar un electrón de sus moléculas y la estabilidad de los radicales correspondientes. El retiro de un electrón de la betacianinas es relativamente fácil, dado a que este electrón provendría del oxígeno fenólico y los radicales de las betacianinas serían estabilizados por la deslocalización del electrón desapareado a través del anillo aromático, sin embargo el electrón retirado de las betaxantinas pudo ser solo uno de los orbitales conjugados, siendo esta pérdida obstruida por la carga positiva presente en el átomo de hidrógeno. Como se puede ver en la Figura 3.



**Figura 3: Estructuras generales del ácido betalámico (a), betacianina (b) y betaxantina (c). Betanina: R1 = R2 = H. R3 = grupo amina o aminoácido.**

FUENTE: Azeredo (2006).

Youngson (2003) define a los antioxidantes como sustancias que retardan o previenen el deterioro, daño o destrucción ocasionados por una oxidación. Cuando los radicales libres generan un daño celular durante un principio de una enfermedad, el que sufre de estos ataques debe intentar frenar esos efectos negativos con la acción de los antioxidantes, es decir es allí donde entran a tallar los antioxidantes. Menciona que fitoquímicos como el  $\beta$ -caroteno tienen funciones muy importantes en el cuerpo y funcionan como antioxidantes. Balasundram et al. (2005) revelan que la actividad antioxidante de compuestos fenólicos depende de la estructura, en particular el número y las posiciones de los grupos hidroxilo y la naturaleza de sustituciones en los anillos aromáticos.

### **2.3.5.2. Radical libre**

El radical libre se refiere a cualquier átomo o grupo de estos que pueden ser capaces de existir independientemente y que contienen al menos un electrón desapareado. Los radicales libres pueden ocasionar un sin número de daños a la salud, si nuestro cuerpo no consigue combatirlos, incluso podrían ocasionar la muerte. El daño ocasionado por los radicales libres está relacionado a la fomentación de enfermedades con el avance de la edad tales como: aterosclerosis, artritis, cataratas, artritis reumatoide, desordenes de pulmón, deterioro o envejecimiento de la piel y probablemente cáncer (Youngson, 2003).

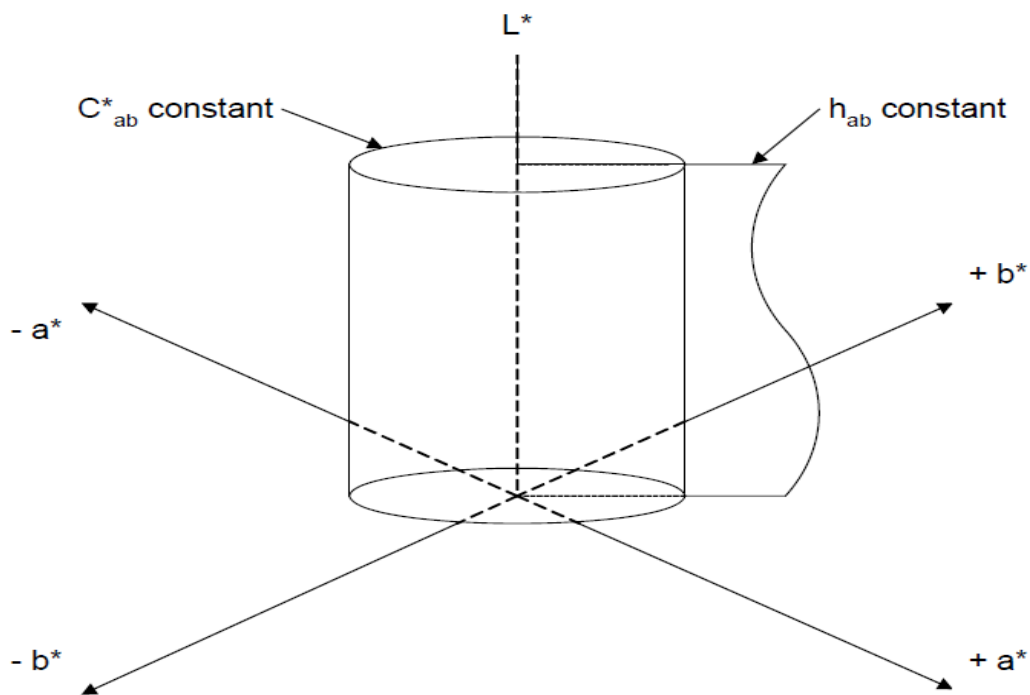
### **2.3.5.3. Métodos para determinar la capacidad antioxidante**

La captación de radicales es el principal mecanismo de acción de los antioxidantes en los alimentos. Se ha desarrollado muchos métodos en los que se mide la capacidad antioxidante a través de la captación de radicales libres sintéticos en solventes orgánicos polares, por ejemplo metanol, a temperatura ambiente. Los radicales usados son del tipo 2,2- difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-ácido sulfónico) (ABTS). En el método del DPPH se mide la captación de este radical a través de la disminución de la absorbancia medida a 515 nm, que se produce por reducción de un antioxidante (AH) o por reacción con especies radicales ( $R^\circ$ ). En la mayor parte de los casos se ha usado para medir la captación de radicales de 15 o 30 minutos iniciada la reacción. Mientras que el radical catiónico ABTS, es más reactivo que el radical DPPH, por lo que la reacción transcurre completamente en un minuto, mayormente se expresa en valores TEAC, capacidad antioxidante equivalente trolox (Pokorny et al., 2001).

## **2.4. Color del grano**

Existe un predominio del color amarillo para la especie de *Amaranthus caudatus* (Reyes, 2007). Sin embargo Repo-Carrasco et al. (2010a) describen que los granos de kiwicha *Amaranthus caudatus* fueron negros, rosados y cremas provenientes de Cusco. Además, se han descrito 19 diferentes colores para este grano (Montoya et al., 2015; Mostacero et al., 2006). La cubierta del grano consiste en una capa simple y única cuya porción exterior contiene el pigmento que imparte color a la semilla, esta capa está íntimamente ligada al perispermo, excepto en la región del embrión (germen) donde la cubierta de la semilla, está ligada al endospermo a lo largo de una gruesa pared de células (Reyes, 2007).

Debido a que el ojo humano puede percibir diferentes colores, existen métodos para expresar el color. Según Schanda (2007) un espacio de color puede ser descrito como un método para expresar el color de un objeto usando algún tipo de anotación, como pueden ser los números. La Commission Internationale de L'Eclairage (CIE), una organización que es considerada como la autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido espacios de color, como CIE  $L^*C^*h$ , y CIE  $L^*a^*b^*$ , para comunicar y expresar el color objetivamente. Donde  $L^*$  es la coordinación de la luminosidad;  $a^*$  la coordenada roja/verde, con  $+ a^*$  que indica rojo, y  $- a^*$  indicando verde;  $b^*$  es la coordenada amarilla/azul, con  $+ b^*$  que indica amarillo, y  $- b^*$  que indica azul;  $C^*$  es la coordenada de croma, la distancia de la luminosidad y  $h$  el ángulo de tono, expresado en grados, siendo  $0^\circ$  una ubicación en el eje  $+ a^*$ , luego continuando a  $90^\circ$  para el eje  $+ b^*$ ,  $180^\circ$  para  $- a^*$ ,  $270^\circ$  para  $- b^*$ , y vuelta a  $360^\circ = 0^\circ$ , como se puede comprender en la Figura 4.



**Figura 4: Representación tridimensional del espacio CIELAB que muestra un cilindro de croma constante,  $C^*_{ab}$ , y un plano de ángulo de matiz constante,  $h_{ab}$ .**

FUENTE: Schanda (2007).

## 2.5. Propiedades funcionales

Ramírez y Pérez (2010) indican que alimento funcional se refiere a aquel alimento que proporciona un beneficio a la salud más allá de la nutrición básica; a fin de lograr tal

beneficio, este alimento deberá consumirse con regularidad dentro de una dieta adecuada y en los niveles que generalmente se consumen.

La administración de hidratos de carbono no digeribles, como la fibra dietaria y la fermentación bacteriana; favorecen el crecimiento selectivo de bifidobacterias y lactobacillus, en detrimento de patógenos de la flora colónica (Vásquez, 2006).

La kiwicha en la actualidad es moderadamente bien conocida en los mercados de alimentos saludables (europeos y americanos). Están exportándola de México y Perú como grano entero para su venta en las tiendas naturistas juntamente con otros alimentos (Repo-Carrasco, 2014).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El análisis químico proximal, se realizó en el Laboratorio de Análisis Físico Químico de Alimentos de la facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los componentes bioactivos así como color y otros se realizó en las Instalaciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en el Laboratorio de “Valoración Industrial de los Recursos Genéticos” del área Valoración y Uso de los Recursos Genéticos con Aptitud Industrial” de la Sub Dirección de Recursos Genéticos.

#### **3.2. Muestra**

30 accesiones de kiwicha se eligieron en la investigación, porque fueron procedentes de la misma estación experimental Baños del Inca-Cajamarca. Los códigos nacionales son PER 002354, PER 002355, PER 002356, PER 002357, PER 002358, PER 002359, PER 002360, PER 002363, PER 002365, PER 002366, PER 002367, PER 002368, PER 002369, PER 002370, PER 002377, PER 002378, PER 002379, PER 002381, PER 002380, PER 002422, PER 002442, PER 002443, PER 002456, PER 002457, PER 002458, PER 002459, PER 002460, PER 002461, PER 002462 y PER 002463, proporcionados por la Colección Nacional de kiwicha del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del Perú (las fotografías se presentan en el Anexo 1).

#### **3.3. Materiales, equipos y reactivos**

##### **3.3.1. Materiales**

Beakers, probetas, fiolas, espátulas, cucharillas, pipetas, matraces, unidad de condensación, embudos, papeles de filtro Whatman, pizetas, micropipetas, balones para grasa, crisoles Gooch Pyrex® de 50 mL (ASTM 40-60µm), cronómetros, dispensadores, magnetos, bombillas, termómetros de 0 a 100°C, tubos de prueba, cubetas de cuarzo y vidrio, tamices con malla N° 200 y materiales de vidrio necesario.

### 3.3.2. Equipos

Espectrofotómetro, modelo GÉNESYS™ 10S UV-Vis, marca Thermo Spectronic; centrífuga, modelo Rotina 35 R, marca Hettich; bomba de vacío, modelo V- 850, marca Buchi; vortex, modelo M37610-33, marca Thermo scientific; equipo de baño María de 60 y 100°C, modelo WNE 14; marca Memmert; molino de alto impacto ( $\varnothing < 0,5\text{mm}$ ), modelo ZM 200h, marca Restch; estufa, modelo UT 160Plus, marca Memmert; refrigeradora, modelo Freezer 32, marca Bosch Intelligent; mufla, modelo FB 141OM, marca Thermo Spectronic; manta de calentamiento, modelo SB162-3, marca Hot Plate Stirrer; equipo soxleth, marca Pyrex®; potenciómetro, modelo Lab 850, marca Schoott® Instruments; agitador magnético con temperatura, modelo Cat M5, marca Thermo Spectronic; balanza de precisión, modelo TE 6101, marca Sartorius; balanza analítica, modelo HR - 250 AZ , marca AND; licuadora doméstica, modelo BLSTMG - A15 - 051, marca Oster®; destilador, marca Buchi; colorímetro; sonificador; homogenizador; digestor y cocinilla.

### 3.3.3. Reactivos

Reactivo del fenol según Folin-Ciocalteu, nitrito de sodio, potasio y sodio tartrato tetrahidratado, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, etanol absoluto, ácido clorhídrico, ácido bórico, éter de petróleo 35-60°C, ácido acético (glacial), acetona, metanol, 1-propanol y cloruro de aluminio hexahidratado, provenientes de la marca Merck®.

DPPH (2,2, difenil-1-picrilhidrazilo); ABTS (2,2 azinobis (3-ethylbenzothiazolina-6- ácido sulfónico)); 2(N-morolino) etanosulfónico (MES); (dihidroximetil) aminometano (TRIS); sulfóxido de dimetilo (DMSO); amilosa de papa; amilopectina de maíz; (+) -catequina; 3,5-ácido dinitrosalicílico 98°; D-Glucosa 99,5° y trolox, provenientes de la marca Sigma-Aldrich®).

$\alpha$ -amilosa termoestable (20 mL, ~ 3,000 U/mL); proteasa purificada (20 mL, 50 mg/mL; ~ 350 tirosina U/mL); amilogucosidasa purificada (20 mL; 3,300 U/mL en almidón soluble) y celite® (grado analítico), provenientes de la marca Megazyme®.

Acetona (J.T.Baker); carbonato de sodio; yodo resublimado, yoduro de potasio; catalizador  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ :  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , relación 0,25:100; solución indicadora de rojo de metilo/verde de bromocresol; etanol de 96°; silicagel y agua destilada.

### **3.4. Métodos de análisis**

**3.4.1. Características morfológicas del grano.** Se siguió la metodología de Abderrahim et al. (2015), rápidamente, se tomaron los granos de kiwicha aleatoriamente, se colocaron en una superficie blanca y se capturaron las fotografías usando el dinoCapture imaging software (Windows). En las fotografías captadas se midieron las características morfológicas básicas de la semilla; diámetro mayor (mm), diámetro menor (mm), circunferencia (mm), área (mm<sup>2</sup>) y radio (mm) de todas las accesiones.

### **3.4.2. Composición química**

**3.4.2.1. Humedad.** Se evaluó la humedad de la muestra por la pérdida de peso debido al calentamiento en la estufa a 105°C hasta alcanzar peso constante (AOAC, 2005).

**3.4.2.2. Ceniza.** Todo el material orgánico fue quemado por incineración de la muestra a 600°C (AOAC, 2005).

**3.4.2.3. Proteína.** Se determinó por el método semi Kjeldahl, tomando en cuenta al factor 6,25 para convertir de nitrógeno a proteína recomendado por Nascimento et al. (2014), se siguió la metodología usada por (AOAC, 2005).

**3.4.2.4. Lípidos.** Se determinó usando el método Soxhlet guiado por (AOAC, 2005).

**3.4.2.5. Fibra cruda.** Se determinó por el método de hidrólisis ácida y alcalina en caliente, luego fue incinerado y se obtuvo la fibra por diferencia usando (AOAC, 2005).

**3.4.2.6. Carbohidratos.** Se obtuvo por diferencia del análisis de cenizas, proteína, extracto etéreo o lípidos y fibra cruda (AOAC, 2005).

**3.4.2.7. Almidón.** Se realizó el aislado del almidón siguiendo el flujo de operaciones experimentado por Reyes (2007), los granos previamente limpios se pesaron en tubos de centrífuga de 50 ml;  $2,0 \pm 0,5g$  y se dejaron remojar con 50 ml de agua destilada durante toda la noche. Transcurrido el tiempo se realizó la molienda de los granos hidratados durante 10 minutos con la ayuda de una licuadora. Se procedió a tamizar con malla N° 200 con la ayuda de espátula y agua destilada (~200 ml) con el objetivo de eliminar la fibra. El depurado se centrifugó a 5000 rpm por 5 min para eliminar las impurezas acuosas. Se



procedió a estandarizar el pH = 7 incorporando agua destilada y empleando hidróxido de sodio 0,01 N en un vaso precipitado. Luego se centrifugó a 5000 rpm por 5 min con el objetivo de eliminar las sustancias acuosas y proteínas. A continuación se adicionó etanol 78° (~40 ml) y se centrifugó a 5000 rpm por 5 min con el fin de eliminar impurezas grasosas en suspensión. Inmediatamente se incorporó 50 mL de agua destilada y se centrifugó a 5000 rpm por 5 min como último enjuague. El sedimentado se secó en una estufa a 40°C hasta peso constante (~48 horas). Por último fue molido y embolsado.

**3.4.2.8. Amilosa y Amilopectina, con hidróxido de sodio.** La determinación de la amilosa se realizó por el método colorimétrico ISO 6647 (1987). Se pesó 25 mg almidón en un tubo de prueba de 13 x 100 mm con tapa roscada y cubierta de teflón. Se incorporó 0,25 mL de etanol 95° y mezcló. Seguidamente se adicionó 2,25 mL de hidróxido de sodio 1 molar, se tapó y mezcló con un mezclador de vórtice. Cautamente se calentó en baño de ebullición por 10 minutos, evitando que se forme gel. Se dejó reposar toda la noche. Entonces se transfirió a una fiola de 25 mL y se agitó vigorosamente. Para la reacción en un tubo de prueba se incorporó 4 mL de agua destilada y se tomó 0,5 mL de la muestra. Se adicionó 1 ml de ácido acético 1 molar y se agitó inmediatamente para adicionar 0,2 mL de solución de yodo (0,2g de yodo/2g cloruro de yodo en 100 mL), seguidamente se adicionó 4,3 mL de agua destilada, se agitó y se dejó reposar por 20 min en la oscuridad. Se ajustó el espectrofotómetro con el blanco hasta leer cero a 620 nm, y se leyó las soluciones estándar y muestras desconocidas.

**3.4.2.9. Amilosa y Amilopectina, con sulfóxido de dimetilo.** La determinación de la amilosa se realizó por el método colorimétrico Hoover y Ratnayake. (2001). En un vaso precipitado de 10 mL, se pesó 20 mg de almidón y agregó 8 ml de sulfóxido de dimetilo al 90 por ciento. Esto se instaló en un agitador magnético con temperatura y agitó vigorosamente. Cuando alcanzó los 85°C (~45 min) se controló 15 minutos. Al término se dejó enfriar el vaso precipitado a temperatura ambiente (~60 min) y diluyó con agua destilada en una fiola volumétrica de 25 mL. En una fiola de 50 mL, se tomó una alícuota de la solución diluida (1 mL). Se añadió 5 mL de la solución yodurada. Pronto se enrasó la fiola con agua destilada, mezcló y dejó en reposo durante 15 minutos en un ambiente oscuro y a temperatura ambiente. Se ajustó el espectrofotómetro con el blanco hasta leer cero a 600 nm, y se leyó las soluciones estándar y muestras desconocidas.

**3.4.2.10. Azúcares reductores.** Se evaluó los azúcares reductores por el método descrito por Najmus y Whitney, (2011) con algunas modificaciones 0,2 mL del extracto acuoso de las muestras se mezclaron con 0,8 mL del reactivo ácido dinitrosalicílico se agitó y se dejó en baño María por 15 min (~100°C) la muestra fue enfriada inmediatamente en baño de hielo y se agregaron 5 mL de agua destilada para su evaluación. Al finalizar se midieron las absorbancias a 540 nm frente a un blanco en el espectrofotómetro. El contenido de azúcares reductores se obtuvo a partir de una curva de calibración de glucosa y expresados como equivalentes mg de glucosa/100g de peso seco (db).

### **3.4.3. Determinación de compuestos bioactivos**

**3.4.3.1. Fibra dietaria.** Se siguió el procedimiento de Megazyme® que utiliza el método AACC (1990), se colocó 1,000g de la muestra en un vaso de precipitado (por cuatruplicado) y se adicionó 40 mL de solución amortiguadora de fosfatos pH 8,2 seguido se llevó a cabo una digestión enzimática utilizando  $\alpha$ -amilosa termoestable (50  $\mu$ L a ~100°C), proteasa (100  $\mu$ L a 60°C) y amiloglucosidasa (200  $\mu$ L a 60°C) para degradar el almidón y las proteínas presentes. El hidrolizado se filtró y el residuo se lavó con 10 mL de: agua a 70°C, etanol de 95° y acetona, luego fue secado y pesado (FDI). El filtrado (FDS) se precipitó con (cuatro volúmenes del filtrado) etanol de 95° a 60°C, se procedió a lavar con 15 ml de alcohol de 78°, 95° y acetona, luego se filtró, secó y se pesó. A los valores se le restó el contenido de proteína, ceniza y blanco. La fibra dietaria total (FDT) se obtuvo de la suma de la FDI y FDS.

**3.4.3.2. Preparación de la muestra para fenoles totales, flavonoides, capacidad antioxidante y azúcares reductores.** Las muestras se prepararon según Hirose et al. (2010). Se pesó 100 mg de la muestra homogenizada directamente en el tubo de centrifuga de 13 mL con tapa, se adicionó 10 mL de etanol:agua (1:1), se agitó y maceró toda la noche. Trascorrido el tiempo, se mezcló en el agitador de vórtice y centrifugó a 2400 rpm por 20 min y almacenó a -20°C hasta su posterior análisis.

**3.4.3.3. Fenólicos totales.** Se utilizó el método esbozado por Hirose et al. (2010) el cual se fundamenta en la cuantificación espectrofotométrica del complejo coloreado desarrollado por la reacción de los compuestos fenólicos y el reactivo del fenol según Folin-Ciocalteu. Con la ayuda de una micropipeta se tomó 3 mL de agua destilada y 1 mL del extracto por triplicado en tubos de prueba de 13 x 100 mm con tapa roscada y cubierta de teflón. Y se

mezcló en un agitador de vórtice. Luego se añadió 1 mL de reactivo del fenol según Folin-Ciocalteu 1:4. Se tapó y mezcló con un mezclador de vórtice. Se agregó 1 mL de carbonato de sodio al 10 por ciento. Se mezcló y dejó reposar en oscuridad por 1 hora. Se ajustó el espectrofotómetro con el blanco hasta leer cero a 760 nm, y se procedió a leer las soluciones estándar y muestras desconocidas. El contenido de compuestos fenólicos totales en los extractos se expresó como mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/100g de peso seco (db).

**3.4.3.4. Flavonoides totales.** Se determinaron según Dini et al. (2010); 0,5 mL de extracto se añadió a un tubo de prueba de 10 mL conteniendo 2 mL de agua destilada a tiempo cero, se añadieron 0,15 mL de nitrito de sodio acuoso (5g/100 mL) al matraz. Después de 5 min, se añadieron 0,15 mL de una solución acuosa de cloruro de aluminio hexahidratado (10 g/100 mL). A los 6 min, se añadió 1 mL hidróxido de sodio 1 molar a la mezcla. Inmediatamente se diluyó al volumen con la adición de 1,2 mL de agua destilada se agitó hasta que la solución estuvo completamente mezclada. La absorbancia se midió a 510 nm en el espectrofotómetro UV-Vis contra un blanco que fue preparado con agua. El contenido de flavonoides en los extractos se expresaron como mg equivalentes de catequina (CE)/100g de peso seco (db).

**3.4.3.5. Betalaínas.** Para la determinación de betalaínas, se siguió la metodología recomendado por Von Elbe (2001). Se realizó la extracción de las betalaínas de 200 mg de muestra homogenizada con 10 mL de buffer fosfato a pH 6,5 bajo agitación constante a una velocidad media durante 2 horas en oscuridad (temperatura ambiente). Finalizado el tiempo señalado se centrifugó a 13000 rpm durante 30 minutos a 4°C. Se ajustó el espectrofotómetro con el blanco hasta leer cero a 476, 538 y 600 nm, y se leyó las soluciones estándar y muestras desconocidas. La determinación de betacianinas y betaxantinas resultó de reemplazar los valores de absorbancia en las expresiones:  $x = 1,095(a-c)$ ,  $y = b-z-x/3,1$  y  $z = a-x$ ; donde: a = absorbancia a 538 nm, b = absorbancia a 476 nm, c = absorbancia a 600 nm, x = absorbancia debido a betacianina, y = absorbancia debido a betaxantinas, y z = absorbancia debido a impurezas.

**3.4.3.6. Capacidad antioxidante por DPPH.** En la cual se produce una reacción entre los compuestos con actividad antioxidante y el radical estable 2,2-difenil-1picrylhidrazilo (DPPH) en una solución de metanol (Pokorny, 2001). Se determinaron según Hirose et al.

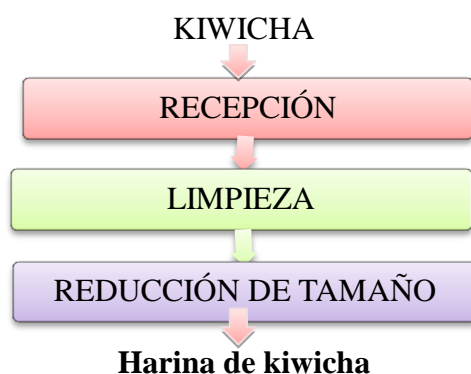
(2010) con algunas modificaciones. 0,3 mL de extracto se mezcló con 2,7 mL de solución de metanol que contiene radicales DPPH (0,07 mM,). La mezcla se agitó vigorosamente y se dejó reposar durante 30 minutos en oscuridad, la absorbancia se midió a 517 nm en el espectrofotómetro frente a un blanco. La actividad antioxidante en los extractos se expresó como equivalentes trolox ( $\mu\text{mol}$ )/100g de peso seco (db).

**3.4.3.7. Capacidad antioxidante por ABTS.** Se siguió la metodología según Re et al. (1999), se tomó 0,3 mL de extracto se mezcló con 3 mL de solución de etanol que contenía radicales ABTS (se disolvió ABTS en agua hasta una concentración de 7 mM el radical catión ABTS fue producido haciendo reaccionar la solución de ABTS con 2,45 mM de persulfato potasio y dejando permanecer la mezcla en oscuridad a temperatura ambiente durante 12 a 16 horas antes del uso. Debido a que el ABTS y el persulfato de potasio reaccionan estequiométricamente en una proporción de 1:0,5; la absorbancia fue ajustada con etanol a  $0,70 \pm 0,02$  a 734 nm). La mezcla se agitó vigorosamente y se dejó en reposar durante 6 minutos en la oscuridad, la absorbancia se midió a 734 nm en el espectrofotómetro UV-Vis frente a un blanco. La actividad antioxidante en los extractos se expresó como equivalentes trolox ( $\mu\text{mol}$ )/100g de peso seco (db).

**3.4.4. Color del grano de kiwicha.** Se utilizó los espacios de color CIE L\*C\*h y CIE L\*a\*b\*, para expresar el color de 30 accesiones de kiwicha empleando números, con la ayuda de un colorímetro (AOAC, 2005).

### 3.5. Metodología experimental

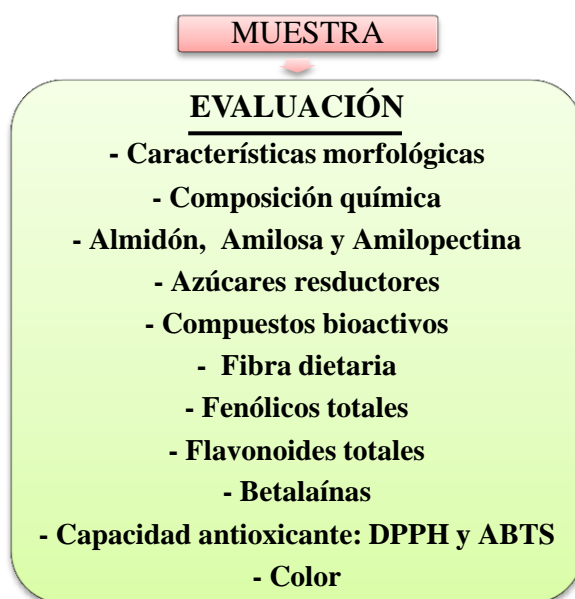
Las accesiones recolectadas de diferentes partes del Perú fueron cultivadas bajo las mismas condiciones ecológicas. Estas accesiones fueron proporcionadas por el INIA. En la Figura 5 se muestra el procedimiento utilizado para la obtención de la harina.



### **Figura 5: Flujo de operación para la obtención de la harina.**

Las muestras de granos de kiwicha analizadas se prepararon de la siguiente manera:

- a) Recepción. La kiwicha fue recibida en el INIA, se cerraron en bolsas herméticas. Estas fueron almacenadas en laboratorio protegiendo del agua y otras sustancias.
- b) Limpieza. Este procedimiento se realizó por inspección visual y consistió en eliminar partículas extrañas y granos infructuosos con la ayuda de tamiz y pinza.
- c) Reducción de tamaño. Esto se efectuó con la finalidad de realizar los análisis ( $\varnothing < 0,5\text{mm}$ ). En las muestras de kiwichas se realizaron las siguientes evaluaciones.



**Figura 6: Evaluación de las muestras.**

### **3.6. Análisis estadístico**

Los análisis fueron realizados por triplicado y los resultados se expresaron como medias y su desviación estándar. Los resultados fueron evaluados mediante análisis de varianza (ANVA) y Kruskal-Wallis (para los que no cumplieron con normalidad de errores y/o homogeneidad de varianzas) según las diferencias entre las accesiones se consideraron significativas sus diferencias en  $p \leq 0,05$ . Adicionalmente se realizaron pruebas de significancias según Tukey a  $p \leq 0,05$  (a los que se hicieron ANVA). Para establecer la relación entre las diferentes variables se utilizó la correlación No paramétrica de Spearman bivariadas a un nivel de significancia de 0,05 y 0,01. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 20 y Windows versión 7,0.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características morfológicas del grano de la kiwicha

En el Cuadro 4, se presenta los resultados de las características morfológicas.

**Cuadro 4: Resultados de las características morfológicas de las accesiones de kiwichas.**

Código Nacional	Diámetro mayor (mm)	Diámetro menor (mm)	Circunferencia (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Radio (mm)
PER 002354	1,51 ± 0,02	1,39 ± 0,02	4,32 ± 0,01	1,48 ± 0,00	0,69 ± 0,00
PER 002355	1,43 ± 0,03	1,34 ± 0,03	4,11 ± 0,05	1,35 ± 0,04	0,65 ± 0,01
PER 002356	1,49 ± 0,02	1,41 ± 0,07	4,29 ± 0,03	1,47 ± 0,02	0,68 ± 0,00
PER 002357	1,53 ± 0,06	1,40 ± 0,02	4,33 ± 0,02	1,49 ± 0,02	0,66 ± 0,05
PER 002358	1,46 ± 0,06	1,41 ± 0,07	4,32 ± 0,08	1,48 ± 0,05	0,69 ± 0,01
PER 002359	1,47 ± 0,05	1,34 ± 0,04	4,19 ± 0,12	1,37 ± 0,04	0,67 ± 0,02
PER 002360	1,53 ± 0,03	1,35 ± 0,02	4,22 ± 0,08	1,42 ± 0,05	0,67 ± 0,01
PER 002363	1,47 ± 0,06	1,33 ± 0,02	4,17 ± 0,07	1,38 ± 0,04	0,66 ± 0,01
PER 002365	1,40 ± 0,06	1,28 ± 0,01	4,02 ± 0,03	1,29 ± 0,02	0,61 ± 0,06
PER 002366	1,57 ± 0,04	1,40 ± 0,01	4,39 ± 0,06	1,53 ± 0,04	0,70 ± 0,01
PER 002367	1,48 ± 0,02	1,30 ± 0,03	4,09 ± 0,09	1,33 ± 0,06	0,65 ± 0,01
PER 002368	1,43 ± 0,08	1,28 ± 0,06	4,01 ± 0,17	1,28 ± 0,11	0,64 ± 0,03
PER 002369	1,39 ± 0,02	1,21 ± 0,05	3,80 ± 0,14	1,15 ± 0,08	0,60 ± 0,02
PER 002370	1,47 ± 0,04	1,37 ± 0,05	4,29 ± 0,14	1,47 ± 0,10	0,68 ± 0,02
PER 002377	1,51 ± 0,05	1,35 ± 0,01	4,23 ± 0,04	1,42 ± 0,03	0,67 ± 0,01
PER 002378	1,53 ± 0,01	1,35 ± 0,04	4,24 ± 0,13	1,43 ± 0,09	0,67 ± 0,02
PER 002379	1,46 ± 0,03	1,27 ± 0,06	4,04 ± 0,17	1,30 ± 0,11	0,64 ± 0,03
PER 002381	1,38 ± 0,05	1,23 ± 0,03	3,87 ± 0,11	1,19 ± 0,07	0,62 ± 0,02
PER 002380	1,37 ± 0,06	1,22 ± 0,03	3,84 ± 0,09	1,18 ± 0,05	0,61 ± 0,01
PER 002422	1,49 ± 0,03	1,33 ± 0,01	4,16 ± 0,05	1,37 ± 0,03	0,66 ± 0,01
PER 002442	1,50 ± 0,07	1,36 ± 0,05	4,26 ± 0,15	1,45 ± 0,10	0,68 ± 0,02
PER 002443	1,44 ± 0,04	1,40 ± 0,14	4,22 ± 0,15	1,42 ± 0,10	0,67 ± 0,02
PER 002456	1,55 ± 0,07	1,36 ± 0,05	4,26 ± 0,15	1,45 ± 0,10	0,68 ± 0,02
PER 002457	1,60 ± 0,07	1,41 ± 0,02	4,42 ± 0,06	1,55 ± 0,04	0,70 ± 0,01
PER 002458	1,55 ± 0,01	1,39 ± 0,03	4,35 ± 0,07	1,51 ± 0,05	0,69 ± 0,01
PER 002459	1,57 ± 0,02	1,44 ± 0,01	4,50 ± 0,02	1,61 ± 0,01	0,72 ± 0,00
PER 002460	1,48 ± 0,06	1,38 ± 0,06	4,32 ± 0,19	1,49 ± 0,13	0,69 ± 0,03
PER 002461	1,57 ± 0,05	1,41 ± 0,02	4,42 ± 0,06	1,56 ± 0,04	0,70 ± 0,01
PER 002462	1,55 ± 0,04	1,37 ± 0,02	4,24 ± 0,14	1,43 ± 0,09	0,68 ± 0,02
PER 002463	1,53 ± 0,02	1,38 ± 0,02	4,30 ± 0,02	1,47 ± 0,01	0,68 ± 0,00

Los valores representan el promedio de cinco repeticiones.

El diámetro mayor varió desde 1,37 mm (PER 002380) a 1,60 mm (PER 002457). El diámetro menor fluctuó entre 1,21 mm (PER 002369) a 1,44 mm (PER 002459). La circunferencia se encontró entre 3,80 mm (PER 002369) a 4,50 mm (PER 002459). El área  $1,15 \text{ mm}^2$  (PER 002369) a  $1,61 \text{ mm}^2$  (PER 002459) y radio de 0,60 mm (PER 002369) a 0,72 mm (PER 002459).

Gracias al dinoCapture imaging software, se pudo evaluar las características morfológicas de este grano tan pequeño en tamaño y rico en contenido nutricional y funcional (Repo-Carrasco, 2014). Investigaciones locales realizadas por Reyes (2007) en kiwicha, reporta que el diámetro menor de los granos de kiwicha es 1 mm. En la India estudiaron los granos Singh y Singh (2010) y describen que la kiwicha de la misma especie posee 1 mm de diámetro menor. En granos similares como la quinua, midieron el área Abderrahim et al. (2015) reportando 2,31 a  $4,71 \text{ mm}^2$  de diámetro menor.

#### **4.2. Composición química de la kiwicha**

Los resultados del aporte nutricional mostraron diferencias significativas en  $p \leq 0,05$  entre 30 diferentes accesiones de kiwicha. Al respecto Repo-Carrasco. (1989) afirma que la calidad nutricional de un alimento depende de la cantidad y calidad de los nutrientes presentes, la cantidad de nutrientes de los cereales es influenciada por la variedad del cereal que se evalúe, la Región en la cual se cultiva, las prácticas agronómicas que se le aplican.

Es interesante que en el Cuadro 5 se observe altos contenidos de proteínas (PER 002380, PER 002356, PER 002368, PER 002443, PER 002422, PER 002378, PER 002358 y PER 002462 con 16,59; 16,35; 16,18; 16,17; 16,11; 16,01; 15,94 y 15,88 por ciento db, respectivamente, estadísticamente similares entre estas semillas) y lípidos (hasta 9,67 por ciento la PER 002456, estadísticamente superior a las demás accesiones), al respecto Bendezú (2011) estudió la correlación de los resultados de análisis proximal usando el método espectroscópico y el método oficial de análisis químico. Para lo cual desarrolló las ecuaciones de calibración para análisis proximal usando el método de espectroscopia de transmitancia en el infrarrojo cercano. En la que se demostró que evidentemente la kiwicha presenta considerables concentraciones de proteínas, seguido de los lípidos.

La kiwicha es una fuente importante de alimentación para los seres humanos, porque presenta alto valor nutricional con contenidos muy significativos de proteína, carbohidratos, grasa, etc. (Vásquez, 2006; Mostacero et al., 2006).

Las características nutricionales humedad, ceniza, lípidos, proteína, fibra cruda y carbohidratos fueron evaluadas en las semillas de 30 accesiones de kiwicha, en el Cuadro 5 se muestran los resultados.

**Cuadro 5: Resultados del análisis proximal de las accesiones de kiwicha.**

Código Nacional	Humedad (%)	Ceniza (% db)	Lípidos (% db)	Proteína (% db)	Fibra cruda (% db)	Carbohidratos (% db)
PER 002354	11,30 ± 0,07	1,96 ± 0,03	8,13 ± 0,11	15,28 ± 0,02	2,08 ± 0,02	74,63 ± 0,08
PER 002355	10,64 ± 0,07	2,13 ± 0,05	8,72 ± 0,02	15,14 ± 0,08	2,75 ± 0,05	74,01 ± 0,08
PER 002356	11,30 ± 0,00	2,52 ± 0,02	8,12 ± 0,09	16,35 ± 0,16	2,34 ± 0,05	73,01 ± 0,06
PER 002357	11,07 ± 0,08	2,15 ± 0,04	8,38 ± 0,03	14,41 ± 0,04	1,90 ± 0,00	75,06 ± 0,10
PER 002358	11,08 ± 0,12	2,64 ± 0,00	7,91 ± 0,06	15,94 ± 0,14	2,56 ± 0,04	73,52 ± 0,20
PER 002359	11,07 ± 0,01	2,50 ± 0,04	8,20 ± 0,13	15,16 ± 0,12	2,31 ± 0,04	74,13 ± 0,21
PER 002360	10,67 ± 0,17	2,72 ± 0,05	7,89 ± 0,04	15,16 ± 0,11	1,97 ± 0,01	74,24 ± 0,05
PER 002363	10,27 ± 0,09	2,85 ± 0,07	8,84 ± 0,11	14,13 ± 0,15	2,10 ± 0,01	74,19 ± 0,25
PER 002365	10,73 ± 0,04	2,77 ± 0,01	8,54 ± 0,05	15,38 ± 0,12	2,27 ± 0,04	73,31 ± 0,12
PER 002366	10,70 ± 0,01	2,37 ± 0,07	8,44 ± 0,16	15,62 ± 0,03	2,07 ± 0,03	73,57 ± 0,19
PER 002367	11,49 ± 0,00	2,33 ± 0,02	7,99 ± 0,10	15,69 ± 0,12	2,44 ± 0,01	73,99 ± 0,04
PER 002368	11,11 ± 0,07	2,32 ± 0,02	8,47 ± 0,06	16,18 ± 0,16	2,47 ± 0,02	73,03 ± 0,00
PER 002369	11,22 ± 0,07	2,58 ± 0,01	8,40 ± 0,02	15,75 ± 0,00	2,44 ± 0,00	73,26 ± 0,05
PER 002370	11,43 ± 0,03	2,31 ± 0,04	6,88 ± 0,08	15,55 ± 0,03	2,14 ± 0,04	75,26 ± 0,05
PER 002377	11,08 ± 0,01	2,79 ± 0,02	7,24 ± 0,07	15,50 ± 0,01	2,01 ± 0,07	74,46 ± 0,06
PER 002378	11,26 ± 0,01	2,23 ± 0,01	7,40 ± 0,16	16,01 ± 0,16	1,97 ± 0,00	74,35 ± 0,32
PER 002379	11,04 ± 0,00	2,22 ± 0,01	8,13 ± 0,03	15,52 ± 0,01	2,69 ± 0,07	74,12 ± 0,02
PER 002381	11,36 ± 0,03	3,67 ± 0,02	7,66 ± 0,01	15,28 ± 0,11	5,79 ± 0,13	73,38 ± 0,13
PER 002380	11,85 ± 0,01	2,79 ± 0,01	8,57 ± 0,02	16,59 ± 0,00	6,00 ± 0,12	72,04 ± 0,01
PER 002422	11,69 ± 0,01	1,96 ± 0,01	7,68 ± 0,06	16,11 ± 0,14	1,92 ± 0,03	74,26 ± 0,17
PER 002442	11,57 ± 0,01	2,65 ± 0,00	8,54 ± 0,12	15,80 ± 0,02	2,73 ± 0,07	73,01 ± 0,11
PER 002443	11,03 ± 0,00	2,41 ± 0,00	7,91 ± 0,20	16,17 ± 0,13	2,12 ± 0,01	73,52 ± 0,07
PER 002456	11,13 ± 0,02	2,43 ± 0,01	9,67 ± 0,02	14,53 ± 0,01	2,04 ± 0,00	73,37 ± 0,03
PER 002457	11,10 ± 0,04	2,33 ± 0,03	9,09 ± 0,02	15,37 ± 0,07	2,94 ± 0,04	73,21 ± 0,16
PER 002458	10,61 ± 0,11	2,74 ± 0,01	7,92 ± 0,07	15,25 ± 0,01	2,17 ± 0,06	74,09 ± 0,02
PER 002459	10,18 ± 0,02	2,44 ± 0,02	7,99 ± 0,01	15,52 ± 0,04	2,00 ± 0,04	74,05 ± 0,06
PER 002460	10,39 ± 0,18	2,35 ± 0,01	7,63 ± 0,01	15,67 ± 0,09	1,76 ± 0,00	74,34 ± 0,10
PER 002461	10,38 ± 0,16	3,00 ± 0,08	8,43 ± 0,08	15,31 ± 0,10	2,48 ± 0,02	73,26 ± 0,10
PER 002462	10,48 ± 0,11	2,10 ± 0,00	7,46 ± 0,01	15,88 ± 0,13	2,04 ± 0,03	74,56 ± 0,22
PER 002463	10,71 ± 0,08	2,66 ± 0,01	7,00 ± 0,12	15,77 ± 0,77	2,60 ± 0,04	74,58 ± 0,57

Los valores representan el promedio de tres repeticiones. El factor de conversión de la proteína fue 6.25.



**4.2.1. Humedad.** Se puede apreciar claramente del Cuadro 5, que el contenido de humedad de los granos estuvo en el rango de 10,18 por ciento db (PER 002459) y 11,85 por ciento db (PER 002380). Los contenidos de humedad muestran diferencias significativas entre las diferentes semillas evaluadas ( $p \leq 0,05$ ). Los valores encontrados en esta investigación se encuentran dentro de lo determinado por otros autores; Reyes (2007), quien determinó en harina integral proveniente de la variedad Centenario (*A. caudatus*) encontrando un 10,61 por ciento. Nascimento et al. (2014) encontraron en la misma especie en granos provenientes de Argentina 10,50 por ciento. Repo-Carrasco et al. (2010b) con 11,3 por ciento. Ramos et al. (2015) reportan 11,3 por ciento en granos provenientes de Finlandia.

Repo-Carrasco et al. (2009) encontraron valores inferiores que los reportados en este estudio 9,80 y 9,44 por ciento de humedad para variedad Centenario y Oscar Blanco respectivamente. Pérez y Luzuriaga (2010) caracterizaron la harina de semillas de kiwicha *A. caudatus* el cual presentó 10,00 por ciento de humedad. Bendezú (2011) menciona que la humedad de las kiwichas evaluada fluctuaba entre 8,36 a 10,36 por ciento, al evaluar 80 accesiones de kiwichas del Programa Cereales. Tapia-Blácido et al. (2005) encontraron 7,97 por ciento de humedad en harina de *A. caudatus*, del cual desarrollaron y caracterizaron biofilms. López-Mejía et al. (2014) en una especie parecida *A. hypochondriacus*, encontraron 7,20 por ciento. Akin-Idowu et al. (2017) con 9,30 a 11,54 por ciento en 29 accesiones. Ravindran et al. (1996) con 9,18 por ciento en *hypochondriacus*. Chauhan et al. (2015) encontraron 8,13 por ciento en harina de kiwicha sin refinar.

Bressani (2006) encontró valores superiores que los reportados en este estudio desde 10 a 14 por ciento de humedad al evaluar 6 variedades de kiwicha producidas a 650 m.s.n.m. con 24 a 38°C en Guatemala. Sanz-Penella et al. (2013) con 11,04 a 15,28 por ciento en harina comercial de *A. cruentus* en España.

**4.2.2. Ceniza.** El contenido de cenizas de los granos fue entre 1,96 a 3,67 por ciento db, correspondientes a los códigos PER 002422 (y PER 002354) y PER 002381, respectivamente; como se puede observar en el Cuadro 5. Investigaciones anteriores reportan contenidos de cenizas similares a los que presentaron las semillas evaluadas en esta investigación. Reyes (2007) reporta 2,43 por ciento. Repo-Carrasco et al. (2009)

encontraron 2,39 y 2,61 por ciento para Centenario y Oscar Blanco. Bressani (2006) halló entre 2,3 a 3,1 por ciento. Pérez y Luzuriaga (2010) señalan que la harina de kiwicha tenía 3,17 por ciento. Tapia-Blácido et al. (2005) con 2,14 por ciento. Nascimento et al. (2014) indican 2,89 por ciento. López-Mejía et al. (2014) consiguieron 2,70 por ciento en granos de la especie *hypochondriacus*. Ligarda et al. (2012) indican 2,2 a 2,3 por ciento en muestras colectadas del INIA. Alvarez-Jubete et al. (2010) con 2,8 por ciento. Martinez et al. (2012) reportan 3,33 por ciento en harina integral. Menegassi et al. (2011) con 2,9 por ciento en harina nativa de *A. cruentus*. Chauhan et al. (2015) encontraron 2,91 por ciento en harina de kiwicha sin refinar. Ramos et al. (2015) reportan 2,41 por ciento en granos provenientes de Finlandia.

Bendezú (2011) realizó el análisis proximal de 80 accesiones de kiwichas y encontró entre 1,32 a 3,71 por ciento. Al respecto los resultados de 30 accesiones evaluadas se encuentran dentro de este rango.

Contenidos inferiores de ceniza reportan Sanz-Penella et al. (2013) con 0,53 a 4,44 por ciento en harina de *cruentus* para su posterior evaluación en pan. Repo-Carrasco et al. (2010b) con 1,78 por ciento. Bello-Pérez et al. (1999) reportan 0,12 por ciento en *hypochondriacus*.

Contenidos superiores encontraron Akin-Idowu et al. (2017) con 3,14 a 4,94 al evaluar en *caudatus*, *cruentus*, *hybrid*, *hypochondriacus* y *hybridus*.

Molina et al., 2011 evaluaron el efecto de la época de recolección (sequía o lluvia) y órgano de la planta (hojas tallos y panículas) en el contenido de metales en *A. dubius* en Venezuela. Llegaron a la conclusión de que representa una fuente de macro y micro minerales. Los metales se acumularon en distintas concentraciones en los diversos órganos de la planta en ambas épocas de recolección. La concentración de calcio y potasio fue afectado únicamente por el órgano de la planta estudiada (hojas, tallos y panículas); además, el contenido de aluminio fue influenciado por la época de recolección.

**4.2.3. Proteína.** En el Cuadro 5, se observa que el contenido de proteína fluctuó entre 14,13 por ciento en peso seco (db) correspondiente a la PER 002363 por ciento, alcanzando hasta 16,59 por ciento db siendo PER 002380. Varios autores reportaron

contenidos dentro del rango encontrado en esta investigación. Reyes (2007), en la variedad Centenario encontró 13,56 por ciento. Repo-Carrasco et al. (2009) en Centenario y Oscar Blanco indican 14,55 y 14,70 por ciento respectivamente. Tapia-Blácido et al. (2005) con 14,21 por ciento. Alvarez-Jubete et al. (2010) señalan 16,5 por ciento. Chauhan et al. (2015) encontraron 15,05 por ciento en harina de kiwicha sin refinar. Ramos et al. (2015) reportan 16,1 por ciento en granos provenientes de Finlandia.

Juan et al. (2007) consiguieron contenidos de proteína inferiores a los hallados en esta investigación entre 9,2 a 15,0 por ciento; al evaluar once especies de *amaranthus*, siendo la primera *blitoides* y la segunda *muricatus*, respectivamente. Además aportan que los aminoácidos más abundantes son aspártico, glutámico, serina, glicina y leucina. Pérez y Luzuriaga (2010) encontraron 12,49 por ciento en harina de kiwicha ecuatoriana empleando el método Kjeldahl. Bendezú (2011) reporta de 9 a 16 por ciento en granos peruanos. Nascimento et al. (2014) encontraron 13,4 por ciento en granos argentinos de la misma especie, pero superiores a quinua y maíz morado con 12,10 y 9,10 por ciento respectivamente, concluyen además que los tres superan al arroz. Ligarda et al. (2012) reportan rangos de 13,2 a 15,2 por ciento encontradas en tres variedades Morocho, Centenario y Óscar Blanco. Los granos de la kiwicha tienen altas cantidades de proteína (16 por ciento) en comparación con el arroz, trigo, maíz y otros cereales que se consumen con más frecuencia (Plucknett et al., 1987; Vásquez, 2006). Esto confirman Collazos et al. (1996); citados por Vega (2013) la kiwicha tiene mayor cantidad de proteínas que otros cereales como la avena, trigo, cebada, arroz, y maíz blanco que presentan cantidades de 15,34; 14,03; 9,41; 8,93 y 5,93 por ciento. Repo-Carrasco et al. (2010b) con 11,69 por ciento. Menegassi et al. (2011) con 12,8 por ciento db en harina nativa de *A. cruentus*.

Bressani (2006) encontró contenidos de proteína ligeramente superiores desde 14,7 a 16,9 por ciento. Barba de la Rosa et al. (2008) analizaron *Amaranthus hypochondriacus* en la que la variedad Gabriela presentó alto contenido de proteína 17,3 por ciento, seguido de Nutrisol, Tulyehualco, y DGETA siendo 15,3; 15,0 y 14,8 por ciento respectivamente. Además concluyen que Tulyehualco tiene un buen balance de aminoácidos. López-Mejía et al. (2014) en *hypochondriacus* reportan 16,73 por ciento. Akin-Idowu et al. (2017) reportan entre 13,82 a 17,89 por ciento en diferentes muestras provenientes de Nigeria. Ravindran et al. (1996) con 16,8 por ciento en *hypochondriacus*. Martínez et al. (2012) reportan 17,5 por ciento en harina integral.

Salgado (2006) cuantificó el contenido de proteína en tres muestras de kiwicha y encontró 12, 15 y 18 por ciento, dos semillas cultivadas en Mixquiahuala y una en Progreso, Hidalgo. Concluye además que la variación del contenido de proteínas depende del tipo de suelo y de las diferentes condiciones de cultivo que afectan principalmente la concentración de nutrientes presentes en las semillas.

Cabe resaltar que la proteína de kiwicha posee buen balance de aminoácidos esenciales que fueron estudiados por Pérez y Luzuriaga (2010) en la harina de kiwicha, sus resultados fueron 0,46; 0,69; 0,81; 0,27; 0,55; 0,45; 0,17; 0,53 y 0,36 g/100 g en base seca en isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina e histidina; respectivamente. Al respecto Mostacero et al. (2006), resaltan que el nivel de triptófano es excelente y el nivel de metionina es adecuado.

Repo-Carrasco (1998) afirma que la proteína de la kiwicha es altamente digerible gracias a la presencia de albúminas y globulinas (41 por ciento), además contiene prolaminas (28 por ciento) y glutelinas además proteínas insolubles (31 por ciento, del total de proteínas).

**4.2.4. Lípidos.** En el Cuadro 5, se puede notar que el menor contenido de lípidos de los granos presentó la PER 002370 con 6,88 por ciento db, siendo la PER 002456 con 9,67 por ciento db la que presentó mayor contenido. Del Cuadro 5, se puede observar que las accesiones de semillas de kiwicha evaluadas presentaron altos contenidos de lípidos. Al respecto Repo-Carrasco (1998), afirma que los granos andinos contienen de 5 a 7 por ciento de lípidos y que la mayor cantidad de lípidos o glicéridos de los ácidos grasos se concentran en el germen. Los valores encontrados se encuentran dentro de lo que reportan otros autores. Repo-Carrasco et al. (2009) en Centenario y Oscar Blanco indican 7,43 y 7,27 por ciento respectivamente. Bressani (2006) reporta desde 6,3 a 6,9 por ciento en granos de kiwicha crudos. Tapia-Blácido et al. (2005) con 8,93 por ciento. Repo-Carrasco et al. (2010b) con 7,57 por ciento. Martínez et al. (2012) reportan 7,8 por ciento en harina integral.

Algunas investigaciones encontraron inferiores contenidos de lípidos o extracto etéreo; Reyes (2007) encontró 5,84 por ciento. Bendezú (2011) reporta de 1,9 a 8,4 por ciento en su estudio de validación de un método, espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIR) para la determinación del análisis proximal en semillas de kiwicha en la especie *caudatus*.

Nascimento et al. (2014) reportan 6,43 por ciento; informan además que fue superior a quinua con 6,31 por ciento y maíz morado con 1,8 por ciento. López-Mejía et al. (2014) con 5,46 por ciento en la especie *hypochondriacus*. Sanz-Penella et al. (2013) contenidos a partir de 1,11 a 6,04 por ciento en harina de la especie *cruentus*. Alvarez-Jubete et al. (2010) con 5,7 por ciento. Ligarda et al. (2012) hallaron entre 6,1 a 8,0 en tres variedades. Akin-Idowu et al. (2017) en rango de 4,85 a 8,68 por ciento en 29 diferentes semillas. Ravindran et al. (1996) con 5,8 por ciento en *hypochondriacus*. Chauhan et al. (2015) encontraron 6,68 por ciento en harina de kiwicha sin refinar.

Los lípidos de la kiwicha presentan un alto contenido de ácidos grasos insaturados Repo-Carrasco (2014). Se encontró ácido linoléico, oleico y ácido linolénico 52,3; 23 y 8 por ciento respectivamente del total de ácidos grasos y ácido erúcido cerca de 2 por ciento (Becker et al., 1981; citados Repo-Carrasco, 1998). Además contiene niveles significativos de escualeno, un precursor importante para todos los esteroides (He et al., 2002). En *caudatus* en variedad Oscar blanco y Victor rojo presenta 59 y 203 mg de escualeno respectivamente (Conforti et al., 2005).

**4.2.5. Fibra.** El contenido de fibra de los granos fue entre 1,76 por ciento db en PER 002460 y 6,00 por ciento db en PER 002380, como se aprecia en el Cuadro 5. Estos resultados se encuentran dentro de lo reportado por otros investigadores Reyes (2007) estimó 5,89 por ciento. Pérez y Luzuriaga (2010) detectaron 5,18 por ciento de fibra en harina de kiwicha para su posterior mezclado con el trigo y elaboración de pan. López-Mejía et al. (2014) en *hypochondriacus* indican 5,80 por ciento en granos. Akin-Idowu et al. (2017) con 1,89 a 4,04 por ciento en diferentes especies. Ravindran et al. (1996) con 6,0 por ciento en *hypochondriacus*. Martinez et al. (2012) reportan 3,3 por ciento en harina integral. Valores superiores reporta Bendezú (2011) desde 3,3 a 8,6 por ciento, en 80 accesiones de kiwicha. Chauhan et al. (2015) encontraron 4,80 por ciento en harina de kiwicha sin refinar.

**4.2.6. Carbohidratos.** El contenido de carbohidratos de los granos fue entre 72,04 por ciento db (PER 002380) y 75,26 por ciento db (PER 002370), como se puede notar en el Cuadro 5. En otras investigaciones de kiwicha reportan valores inferiores. Repo-Carrasco et al. (2009) en Centenario y Oscar Blanco valoraron 65,55 y 65,27 por ciento respectivamente. Bressani (2006) encontró entre 59,5 hasta 65,1 por ciento. Pérez y

Luzuriaga (2010) determinaron 65,06 por ciento de carbohidratos totales. López-Mejía et al. (2014) en granos de kiwicha de la especie *hypochondriacus* obtuvieron 62,11 por ciento. Chauhan et al. (2015) encontraron 62,41 por ciento en harina de kiwicha sin refinar. Contenidos cercanos se reportaron por Repo-Carrasco (1998) con 71,5 por ciento.

**4.2.7. Almidón.** Los granos de kiwicha contenían almidón entre 53,47 a 63,58 por ciento db, correspondientes a los códigos PER 002381 y PER 002462, respectivamente, como se puede ver en el Cuadro 6. La correlación de Spearman entre almidón y carbohidratos fue significativa con  $r = 0,497$  a  $0,01$  y con azúcares reductores ( $0,424$ ) significativa a  $0,01$ .

Reyes (2007) desarrolló una metodología para la obtención de almidón encontrando 61,46 por ciento de almidón en kiwicha variedad Centenario. Valor dentro de lo encontrado en esta investigación. Cabe resaltar que la obtención de almidón de kiwicha requiere remojado de granos, tamizado luego de la molienda, estandarización de pH y centrifugado con etanol. Método que es propio de este grano debido a que presenta alto contenido de grasa, proteína y fibra en comparación por ejemplo con un tubérculo, en el cual la extracción es más sencilla y no requiere de las operaciones antes mencionadas.

En investigaciones de la semilla de kiwicha Pérez y Luzuriaga (2010) reportan 57,63 por ciento de almidón, dentro de lo establecido en esta investigación. Nascimento et al. (2014) encontraron 55,30 por ciento en la misma especie; cabe resaltar que el autor y colaboradores en mención emplearon un método meticuloso de kit Megazyme utilizando las enzimas  $\alpha$ -amilasa y amiloglucosidasa termoestables. Herrera (2009) evaluó el almidón total de tres variedades de kiwicha Oscar Blanco, Centenario y Morocho los cuales tenían 55,87; 56,68 y 53,66 por ciento y Ligarda (2008) encontró 50,84; 51,52 y 48,45 g/100g de muestra; además evaluó la cantidad de almidón resistente siendo de 0,10 a 0,12 g/100g, siendo mayor en la variedad Morocho, considerado este como el almidón no absorbido o digerido en el intestino delgado, pero sí puede ser fermentado en el intestino grueso e identificó 50,75; 5,41 y 48,45g por 100g de muestra de almidón digestible. Alvarez-Jubete et al. (2010) con 61,4 por ciento. Álvarez et al. (2010) encontraron almidón 62 por ciento. Paredes (1989) reporta 62 por ciento de almidón, concluyendo que es el componente más abundante de los granos de la kiwicha. Martinez et al. (2012) reportan 60,5 por ciento en harina integral.

Contenidos de almidón superiores consiguieron Menegassi et al. (2011) con 69,1 por ciento expresado en base seca, en harina nativa de *A. cruentus* en variedad alegría proveniente de Brasil.

En el Cuadro 6, se presenta los resultados de almidón, amilosa y amilopectina con DMSO y amilosa y amilopectina con NaOH.

**Cuadro 6: Resultados de almidón, amilosa y amilopectina con DMSO y NaOH.**

Código Nacional	Almidón (%)	Amilosa DMSO (%)	Amilopectina DMSO (%)	Amilosa NaOH (%)	Amilopectina NaOH (%)
PER 002354	56,37 ± 0,59	3,05 ± 0,00	96,95 ± 0,00	2,94 ± 0,10	97,06 ± 0,10
PER 002355	56,84 ± 0,82	2,32 ± 0,00	97,68 ± 0,00	1,62 ± 0,21	98,38 ± 0,21
PER 002356	56,22 ± 0,86	1,77 ± 0,12	98,23 ± 0,12	1,43 ± 0,04	98,57 ± 0,04
PER 002357	56,75 ± 0,38	2,56 ± 0,00	97,44 ± 0,03	1,39 ± 0,18	98,61 ± 0,18
PER 002358	54,77 ± 0,46	2,26 ± 0,12	97,74 ± 0,12	1,29 ± 0,18	98,71 ± 0,18
PER 002359	57,89 ± 0,22	2,74 ± 0,12	97,26 ± 0,12	0,75 ± 0,05	99,25 ± 0,05
PER 002360	58,72 ± 0,23	2,07 ± 0,00	97,93 ± 0,00	0,77 ± 0,16	99,23 ± 0,16
PER 002363	54,80 ± 0,84	1,95 ± 0,14	98,05 ± 0,14	1,54 ± 0,40	98,46 ± 0,40
PER 002365	56,89 ± 0,82	2,87 ± 0,12	97,13 ± 0,12	1,79 ± 0,12	98,21 ± 0,12
PER 002366	57,28 ± 0,49	13,11 ± 0,37	86,89 ± 0,37	12,43 ± 0,20	87,57 ± 0,20
PER 002367	55,70 ± 0,46	12,32 ± 0,49	87,68 ± 0,49	11,74 ± 0,22	88,26 ± 0,22
PER 002368	56,33 ± 0,92	11,16 ± 0,12	88,84 ± 0,12	10,30 ± 0,17	89,70 ± 0,17
PER 002369	56,30 ± 0,69	5,79 ± 0,37	94,21 ± 0,37	3,83 ± 0,04	96,17 ± 0,04
PER 002370	57,15 ± 0,68	3,05 ± 0,28	96,95 ± 0,28	0,36 ± 0,04	99,64 ± 0,04
PER 002377	60,35 ± 0,14	3,56 ± 0,48	96,44 ± 0,48	1,08 ± 0,05	98,92 ± 0,05
PER 002378	58,39 ± 0,14	16,74 ± 0,12	83,26 ± 0,39	16,60 ± 0,08	83,40 ± 0,08
PER 002379	58,11 ± 0,54	12,66 ± 0,40	87,34 ± 0,40	11,04 ± 0,48	88,96 ± 0,48
PER 002381	53,47 ± 0,90	10,89 ± 0,23	89,11 ± 0,23	10,11 ± 0,04	89,89 ± 0,04
PER 002380	54,58 ± 0,33	10,34 ± 0,24	89,66 ± 0,24	9,84 ± 0,05	90,16 ± 0,05
PER 002422	59,46 ± 0,82	10,34 ± 0,65	89,66 ± 0,65	9,88 ± 0,12	90,12 ± 0,12
PER 002442	54,48 ± 0,84	11,44 ± 0,28	88,56 ± 0,28	7,80 ± 0,04	92,20 ± 0,04
PER 002443	59,54 ± 0,62	6,99 ± 0,12	93,01 ± 0,12	7,51 ± 0,12	92,49 ± 0,12
PER 002456	59,30 ± 0,25	10,52 ± 0,12	89,48 ± 0,12	11,00 ± 0,05	89,00 ± 0,05
PER 002457	60,74 ± 0,77	9,61 ± 0,14	90,39 ± 0,14	9,24 ± 0,04	90,76 ± 0,04
PER 002458	61,02 ± 0,01	10,40 ± 0,12	89,60 ± 0,12	9,10 ± 0,14	90,90 ± 0,14
PER 002459	61,34 ± 0,36	11,87 ± 0,23	88,13 ± 0,23	9,18 ± 0,08	90,82 ± 0,08
PER 002460	57,66 ± 0,84	11,13 ± 0,12	88,87 ± 0,12	11,08 ± 0,08	88,92 ± 0,08
PER 002461	57,25 ± 0,52	8,70 ± 0,23	91,30 ± 0,23	9,70 ± 0,04	90,30 ± 0,04
PER 002462	63,58 ± 0,27	9,43 ± 0,12	90,57 ± 0,12	9,29 ± 0,04	90,71 ± 0,04
PER 002463	63,56 ± 0,09	12,11 ± 0,23	87,89 ± 0,23	11,35 ± 0,10	88,65 ± 0,10

Los valores representan el promedio de tres repeticiones.

En investigaciones en la India de Singh y Singh (2010) reportan contenidos ligeramente superiores desde 62 a 65 por ciento de almidón en la misma semilla de diferentes genotipos. Zapata (2010) confirmó que el almidón es el principal carbohidrato que contiene la kiwicha encontrando entre 62 y 69 por ciento. Bello-Pérez et al. (1999) determinaron 96,2 por ciento db, de almidón en *hypochondriacus* al caracterizar el almidón de la kiwicha y banana, concluyeron que es más soluble (debido a las diferentes concentraciones de amilosa/amilopectina) que el almidón de la banana y como es de esperarse la kiwicha presentó mayor cantidad de proteína.

**4.2.8. Amilosa y Amilopectina, con NaOH.** Del Cuadro 6, se puede apreciar que los granos de kiwicha contenían amilosa entre 0,36 a 16,60 por ciento. Correspondientes a las semillas con código PER 002370 y PER 002378, respectivamente. Mientras que la amilopectina se encontraba presente entre 83,40 a 99,64 por ciento, propios de los códigos PER 002378 y PER 002370, respectivamente.

Los valores mencionados en el párrafo anterior son similares a lo reportado por Pérez y Luzuriaga (2010) con amilosa 3,24 por ciento y amilopectina 96,76 por ciento en almidón de kiwicha de color blanco, con apariencia de polvo homogéneo.

**4.2.9. Amilosa y Amilopectina, con DMSO.** Del Cuadro 6, se puede apreciar que los granos de kiwicha contenían amilosa entre 1,77 a 16,74 por ciento pertenecientes a los códigos nacionales PER 002356 y PER 002378, respectivamente. Por su parte la amilopectina se encontró entre 83,26 a 98,23 por ciento; propios de la PER 002378 y PER 002356.

Cabe resaltar que **los resultados usando ambas metodologías arrojan valores similares que muestran que la PER 002378, presenta mayor contenido de amilosa** (16,74 por ciento con DMSO y 16,60 por ciento con NaOH), esto lo **confirma el coeficiente de correlación Spearman  $r = 0,881$** ; el cual resultó significativa al nivel 0,01.

Usando DMSO Reyes (2007), encontró 5,27 por ciento de amilosa. Siendo dentro de lo encontrado en las semillas evaluadas. Al respecto Stawki (2008) explica que la proporción presente de amilosa y amilopectina depende de varios aspectos como la especie de la planta, condiciones medioambientales, entre otros.



Fue interesante conocer los contenidos de amilosa en los granos de kiwicha provenientes de 30 accesiones, porque, la amilosa regula los niveles de glucosa en la sangre en los seres humanos y otros animales monogástricos, la amilosa es más lenta en la digestión que la amilopectina, por lo que la glucosa en la sangre y niveles de insulina son más bajos después de una comida alta en amilosa, la saciedad se mantiene más tiempo y la próxima comida es probable que sea más pequeña (Stawki, 2008).

Investigaciones anteriores utilizaron otros métodos para estimar el contenido de amilosa. Nascimento et al. (2014) reportan 23,70 por ciento en la especie *caudatus*, empleando el kit de Megazyme para determinar amilosa estimando con el ratio de glucosa oxidasa – peroxidasa, con lecturas a 510 nm. Singh y Singh (2010) encontraron entre 2 a 20 por ciento al evaluar varios genotipos. Tapia-Blácido et al. (2005) con 7,58 por ciento de amilosa y 67 por ciento de amilopectina. Según Zapata (2010) el contenido de amilosa presente en el almidón fue de 5 a 7 por ciento. Martinez et al. (2012) reportan 24,5 por ciento en harina integral empleando el kit de Megazyme y 75,5 por ciento de amilopectina por diferencia.

En esta investigación se usó dos longitudes de onda para medir la absorbancia luego de la formación del complejo yodo y amilosa. El criterio para usar 600 nm para DMSO y 620 nm con NaOH es que se hizo un barrido y se apreciaba mayor absorbancia a las longitudes mencionadas correspondientes a cada metodología. Al respecto Inouchi et al. (1999) evaluaron las características de curva de absorción del complejo de yodo. Los resultados que presentaron a 620 nm son que dos almidones, *Amaranthus Cruentus* R112 y K472 ( $\lambda_{\max} = 585$  a  $591$  nm, coloración azul abs = 0,31 a 0,43); contenían 19,4 y 27,8 por ciento de amilosa respectivamente; dos almidones de kiwicha *Amaranthus cruentus* K350 y K459 ( $\lambda_{\max} = 541$  a  $567$  nm, coloración azul abs = 0,15 a 0,25); contenían 6,66 y 12,6 por ciento de amilosa respectivamente y tres almidones de *Amaranthus hypocondriacus* K 343, *Amaranthus cruentus* R104 y C que pertenecen al tipo de almidón céreo ( $\lambda_{\max} = 529$  a  $538$  nm, coloración azul abs = 0,09 a 0,12) que contenían 0 por ciento de amilosa.

#### **4.1.10. Azúcares reductores**

En el Cuadro 7, se puede notar claramente que los azúcares reductores presentes se encontraron entre 1,60 a 4,51 por ciento expresado como glucosa pertenecientes a las semillas con códigos PER 002365 y PER 002462. Al respecto Badui (2006), afirma que los

granos de los cereales tienen una proporción baja de azúcares libres (de 1 a 3 por ciento en peso, aproximadamente), sobre todo en el germen y en las capas de salvado.

**Cuadro 7: Resultados de azúcares reductores.**

Código Nacional	Azúcares reductores (g de glucosa/100g db)
PER 002354	2,58 ± 0,10
PER 002355	2,45 ± 0,03
PER 002356	2,43 ± 0,14
PER 002357	2,19 ± 0,13
PER 002358	2,52 ± 0,36
PER 002359	1,74 ± 0,09
PER 002360	2,70 ± 0,40
PER 002363	2,15 ± 0,34
PER 002365	1,60 ± 0,02
PER 002366	2,00 ± 0,05
PER 002367	1,70 ± 0,09
PER 002368	2,04 ± 0,06
PER 002369	2,20 ± 0,13
PER 002370	2,65 ± 0,22
PER 002377	2,84 ± 0,10
PER 002378	3,39 ± 0,29
PER 002379	2,53 ± 0,08
PER 002381	1,90 ± 0,05
PER 002380	2,22 ± 0,04
PER 002422	2,64 ± 0,03
PER 002442	3,29 ± 0,10
PER 002443	2,37 ± 0,09
PER 002456	2,50 ± 0,10
PER 002457	2,67 ± 0,11
PER 002458	3,56 ± 0,22
PER 002459	2,28 ± 0,05
PER 002460	2,97 ± 0,02
PER 002461	3,09 ± 0,77
PER 002462	4,51 ± 0,80
PER 002463	2,34 ± 0,04

Los valores representan el promedio de tres repeticiones.

Contenidos similares de azúcares encontraron Akin-Idowu et al. (2017) con 1,18 a 1,95 por ciento en 29 semillas de 5 diferentes especies. Repo-Carrasco (1992) reporta 1,80 por ciento, además indica que la kiwicha presenta los carbohidratos como azúcares totales, fructosa, maltosa y sacarosa contenidos en 6,50; 0,40; 1,70 y 2,60 por ciento, respectivamente.

Reyes (2007) reporta valores inferiores a los encontrados en las accesiones de kiwicha evaluadas; 0,21 por ciento en harina integral de kiwicha, variedad Centenario; menciona que los azúcares reductores son indicadores del estado de madurez del grano. Pérez y Luzuriaga (2010) encontraron 1,03 por ciento de azúcares reductores en harina de kiwicha sin alteración.

En una investigación sobre azúcares reductores Kanensi et al. (2013), evaluaron el efecto de la germinación en el contenido de azúcares reductores expresados en sucrosa, en dicha investigación encontraron que el grano de kiwicha sin germinar tenía 0,26 por ciento de sucrosa y conforme se incrementaban las horas de germinación también incrementaba en porcentaje de azúcares reductores alcanzando hasta 11,7 por ciento al evaluar el grano germinado por 20 horas.

### **4.3. Determinación de compuestos bioactivos de la kiwicha**

Chung (2014) resalta que los beneficios de los cereales para la salud son favorecidos principalmente por sus componentes fitoquímicos incluyendo los compuestos fenólicos, flavonoides, vitaminas, fibras y minerales, que actúan juntos para combatir el estrés oxidativo, inflamación, hiperglucemia y carcinogénesis.

#### **4.3.1. Fibra dietaria.**

Las semillas del código PER 002380 alcanzaron un máximo de 14,12 por ciento de FDT, siendo la PER 002422 con 7,50 por ciento la accesión con menor contenido de fibra dietaria. Según lo esperado la FDI se encontró en mayor proporción con un rango de variación de 6,11 por ciento (PER 002422) hasta 13,04 por ciento (PER 002380). Por otro lado la FDS fluctuaba entre 0,52 por ciento (PER 002456) a 1,97 por ciento (PER 002356).

En el Cuadro 8, se observa que el 88 por ciento en promedio de la fibra dietaria total fue insoluble y el 12 por ciento en promedio fue soluble. La correlación de Spearman entre FDI y FDT presentó una relación significativa con  $r = 0,929$  al nivel 0,01. Por su parte la correlación entre FDS y amilopectina con NAOH una correlación significativa  $r = 0,603$  al nivel 0,01. Al respecto Lamothe et al. (2015) resumen que el 78 por ciento de fibra dietaria total fue insoluble y el 22 por ciento fue soluble; en la misma especie de kiwicha producida en Perú.

El contenido de fibra dietaria de las accesiones evaluadas se muestran en el Cuadro 8.

**Cuadro 8: Resultados de fibra dietaria de las accesiones de kiwicha.**

Código Nacional	FDI (%)	FDS (%)	FDT (%)
PER 002354	10,48 ± 0,56	0,99 ± 0,19	11,47 ± 0,51
PER 002355	8,21 ± 0,33	0,93 ± 0,15	9,14 ± 0,30
PER 002356	9,80 ± 1,01	1,97 ± 0,38	11,78 ± 1,30
PER 002357	8,47 ± 0,80	1,67 ± 0,29	10,14 ± 0,80
PER 002358	7,94 ± 0,27	1,33 ± 0,32	9,27 ± 0,08
PER 002359	7,52 ± 0,49	1,84 ± 0,01	9,37 ± 0,50
PER 002360	10,97 ± 0,34	1,66 ± 0,35	12,63 ± 0,67
PER 002363	8,03 ± 1,02	1,46 ± 0,19	9,50 ± 1,17
PER 002365	7,87 ± 0,54	1,20 ± 0,38	9,07 ± 0,42
PER 002366	7,49 ± 0,98	0,85 ± 0,18	8,34 ± 1,15
PER 002367	7,74 ± 0,81	0,76 ± 0,08	8,50 ± 0,81
PER 002368	9,01 ± 0,92	0,73 ± 0,22	9,75 ± 0,91
PER 002369	6,49 ± 0,50	1,26 ± 0,18	7,74 ± 0,35
PER 002370	7,76 ± 0,73	1,35 ± 0,26	9,11 ± 0,90
PER 002377	9,01 ± 0,76	1,62 ± 0,30	10,63 ± 0,80
PER 002378	7,01 ± 0,32	0,91 ± 0,16	7,92 ± 0,18
PER 002379	8,24 ± 0,21	0,82 ± 0,09	9,05 ± 0,29
PER 002381	10,77 ± 0,48	0,99 ± 0,15	11,75 ± 0,35
PER 002380	13,04 ± 0,35	1,08 ± 0,11	14,12 ± 0,42
PER 002422	6,11 ± 0,28	1,39 ± 0,15	7,50 ± 0,23
PER 002442	7,82 ± 0,41	1,16 ± 0,26	8,98 ± 0,45
PER 002443	7,96 ± 0,99	1,04 ± 0,27	9,00 ± 1,10
PER 002456	8,17 ± 1,18	0,52 ± 0,16	8,69 ± 1,34
PER 002457	7,11 ± 0,75	1,41 ± 0,21	8,51 ± 0,63
PER 002458	8,30 ± 1,12	1,72 ± 0,38	10,02 ± 1,04
PER 002459	6,23 ± 1,37	1,48 ± 0,05	7,71 ± 1,33
PER 002460	9,37 ± 0,77	0,82 ± 0,21	10,19 ± 0,74
PER 002461	7,11 ± 0,62	1,90 ± 0,31	9,01 ± 0,76
PER 002462	8,23 ± 0,56	1,95 ± 0,19	10,19 ± 1,82
PER 002463	6,35 ± 0,74	1,29 ± 0,22	7,64 ± 0,56

Los valores representan el promedio de 4 repeticiones.

Investigaciones anteriores realizadas en fibra dietaria en granos de kiwicha confirman el rango de contenidos hallados en las semillas evaluadas. Ligarda et al. (2012) con 10,9 a 11,3 por ciento de FDT; entre 8,5 a 9,3 por ciento de FDI y de 1,9 a 2,4 por ciento de FDS; en muestras colectadas del INIA Ayacucho. Nascimento et al. (2014) reportan 11,30 por ciento de FDT en granos de *A. caudatus* provenientes de la provincia Jujuy en Argentina, destacan que fue superior al maíz morado con 11,20 por ciento de la misma procedencia. Lamothe et al. (2015) encontraron que la kiwicha peruana tenía 12 por ciento de FDT, resaltan que la kiwicha supera en contenidos de FDT a las frutas y verduras que solo contienen entre 1,5 a 2,5g/100g de base seca. Alemayehu et al. (2015) recolectaron información que las *Amaranthus spp* poseen 8,8 por ciento de FDT; 5,35 por ciento de FDI y 0,45 por ciento de FDS. Menegassi et al. (2011) con 13,0 por ciento de FDT; 1,9 por ciento de FDS y con 11,0 por ciento de FDI, en harina nativa de *A. cruentus* en variedad alegría. Chauhan et al. (2015) encontraron 9,52 por ciento de FDT en harina de kiwicha sin refinar de granos provenientes de la India. Ramos et al. (2015) reportan 8,3 por ciento en FDT en granos provenientes de Finlandia.

Valores superiores de fibra dietaria se han reportado por Alvarez-Jubete et al. (2010) con 20,6 por ciento. Tosi et al. (2001) reportan 8,1 por ciento de FDI; 6,1 por ciento de FDS y 14,2 por ciento de FDT en *A. Cruentus* proveniente de Argentina.

Contenidos de fibra dietaria inferiores reportaron Gorinstein et al. (2008) con 1,30 a 1,58 por ciento de FDT; con 1,02 a 1,21 por ciento de FDI y con 0,28 a 0,37 por ciento de FDS en tres variedades de kiwicha *cruentus*, *hypochondriacus* y *hybridus*. Los contenidos minoritarios pertenecen a la primera variedad y los máximos a la última variedad mencionada. Repo-Carrasco et al. (2010b) con 5,80 por ciento de FDT; con 5,35 por ciento de FDI y 0,45 por ciento de FDS en kiwicha variedad Centenario. Muñoz (2010) reporta 6,7 por ciento de FDT.

Lamothe et al. (2015) confirman que la FDS de la kiwicha es superior significativamente a la del maíz y del trigo. Revelan que la FDS está compuesta de 0,5; 0,9 y 3 por ciento de almidón, proteína y ceniza respectivamente. De la evaluación de la FDI reportan que contiene 1 a 2 por ciento de almidón y proteínas. Ceniza menor de 3 por ciento, lignina menor de 5 por ciento.

Lamothe et al. (2015) encontraron que la fibra dietaria insoluble estaba compuesta por ácido galacturónico (28,5 por ciento), arabinosa (15,3 por ciento), xilosa (9,9 por ciento), glucosa (21,7 por ciento), galactosa (6,7 por ciento), ramnosa (6,5 por ciento), glucosa (proveniente de celulosa; 5,9 por ciento), fucosa (2,3 por ciento) y mannososa (3,2 por ciento). Mientras que la fibra dietaria soluble se encontraba compuesta por glucosa (24,5 por ciento), ácido galacturónico (38,6 por ciento), arabinosa (15,6 por ciento), galactosa (7,3 por ciento), mannososa (6,9 por ciento) y xilosa (2,7 por ciento).

Hollmann et al. (2013) realizaron una interesante clasificación de la fibra dietaria de acuerdo a su solubilidad para la determinación usando métodos gravimétricos. Esquematizaron que las estructuras que presentan alto y medio peso molecular como la celulosa, pentosanos, pectina y lignina no son solubles en agua ni etanol al 78 por ciento. Mientras que las pentosas solubles, pectinas solubles,  $\beta$ -glucanos, carrageninas, y goma arábica, son solubles en agua pero no en etanol al 78 por ciento. Por otro lado las fracciones de bajo peso molecular DP (grado de polimerización)  $\geq 3$ , como fracciones de inulina, fructooligosacáridos (FOS), galactooligosacáridos (GOS), maltodextrinas resistentes (RMD) y polidextrosas son solubles en agua y etanol al 78 por ciento. Esta es la explicación de porqué después del primer filtrado se adiciona cuatro volúmenes de etanol y el resultado se nota conforme transcurre el tiempo, las fracciones de bajo peso molecular se van separando formando dispersiones similares a nubes (ver anexo 4).

La fibra es importante en la dieta humana, como regulador de desórdenes biológicos, cáncer al colon, estreñimiento, obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares (Repo-Carrasco, 1998). Se estima que el consumo de 20 a 30 gramos de fibra no tiene ningún problema en la biodisponibilidad de minerales y en vista de los beneficios anteriores, se considera deseable un consumo de 3 a 5 porciones por día de vegetales, frutas y cereales integrales (Ramírez, 2001; citado por Peña, 2010).

#### **4.3.2. Fenólicos totales.**

En el Cuadro 9, se presenta los resultados de los compuestos fenólicos totales, la accesión PER 002363 contenía menor cantidad con 51,34 y la accesión PER 002380 contenía mayor cantidad con 75,69 mg GAE/100g (db). La presencia de compuestos fenólicos son benéficos para la dieta (Vásquez, 2006).

En el Cuadro 9, se presenta los resultados de los compuestos bioactivos de 30 accesiones de kiwichas.

**Cuadro 9: Resultados de los compuestos bioactivos de las accesiones de kiwicha.**

Código Nacional	Fenólicos totales (mg GAE/100g db)	Flavonoides (mg CE/100g db)	Betalainas (mg/100g db)	Actividad Antioxidante según DPPH ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ )	Actividad Antioxidante según ABTS ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ )
PER 002354	52,75 $\pm$ 0,50	30,99 $\pm$ 0,87	0,82 $\pm$ 0,00	119,15 $\pm$ 7,43	456,71 $\pm$ 8,49
PER 002355	67,24 $\pm$ 0,73	35,11 $\pm$ 0,87	0,00 $\pm$ 0,00	161,37 $\pm$ 11,35	654,70 $\pm$ 10,74
PER 002356	63,74 $\pm$ 1,45	27,54 $\pm$ 0,80	0,00 $\pm$ 0,00	173,28 $\pm$ 3,19	598,09 $\pm$ 14,54
PER 002357	66,87 $\pm$ 0,93	30,38 $\pm$ 0,83	0,56 $\pm$ 0,00	169,67 $\pm$ 5,35	667,85 $\pm$ 7,60
PER 002358	65,16 $\pm$ 0,47	22,71 $\pm$ 0,04	0,82 $\pm$ 0,00	153,33 $\pm$ 2,48	565,26 $\pm$ 7,72
PER 002359	54,27 $\pm$ 0,42	33,88 $\pm$ 0,74	1,01 $\pm$ 0,00	125,44 $\pm$ 2,97	476,39 $\pm$ 3,84
PER 002360	62,26 $\pm$ 0,60	18,22 $\pm$ 0,86	0,55 $\pm$ 0,00	146,40 $\pm$ 5,57	542,06 $\pm$ 2,06
PER 002363	51,34 $\pm$ 0,43	19,79 $\pm$ 0,81	0,07 $\pm$ 0,00	121,97 $\pm$ 2,23	453,32 $\pm$ 6,44
PER 002365	58,00 $\pm$ 0,17	25,17 $\pm$ 0,89	0,29 $\pm$ 0,00	124,85 $\pm$ 0,47	533,37 $\pm$ 6,64
PER 002366	62,20 $\pm$ 1,02	21,33 $\pm$ 0,85	0,37 $\pm$ 0,00	120,88 $\pm$ 2,20	523,95 $\pm$ 5,11
PER 002367	64,56 $\pm$ 0,28	23,26 $\pm$ 0,87	0,00 $\pm$ 0,00	161,83 $\pm$ 5,34	558,10 $\pm$ 6,99
PER 002368	67,55 $\pm$ 0,42	25,03 $\pm$ 0,93	0,86 $\pm$ 0,00	169,20 $\pm$ 10,57	630,36 $\pm$ 2,86
PER 002369	64,28 $\pm$ 0,35	12,65 $\pm$ 0,86	0,90 $\pm$ 0,00	160,01 $\pm$ 2,42	556,54 $\pm$ 2,19
PER 002370	64,46 $\pm$ 0,33	21,50 $\pm$ 0,85	0,00 $\pm$ 0,00	165,91 $\pm$ 1,38	608,15 $\pm$ 7,59
PER 002377	70,67 $\pm$ 0,08	25,77 $\pm$ 0,85	0,82 $\pm$ 0,00	174,26 $\pm$ 2,42	678,82 $\pm$ 9,39
PER 002378	69,42 $\pm$ 0,24	19,31 $\pm$ 0,01	0,00 $\pm$ 0,00	138,83 $\pm$ 4,37	557,56 $\pm$ 13,78
PER 002379	69,34 $\pm$ 0,18	23,21 $\pm$ 0,77	0,07 $\pm$ 0,00	135,60 $\pm$ 3,21	561,88 $\pm$ 5,59
PER 002381	63,34 $\pm$ 0,04	14,69 $\pm$ 1,05	0,30 $\pm$ 0,00	155,10 $\pm$ 2,85	604,96 $\pm$ 4,74
PER 002380	75,69 $\pm$ 0,32	36,58 $\pm$ 0,24	0,23 $\pm$ 0,00	268,20 $\pm$ 10,20	667,16 $\pm$ 2,24
PER 002422	65,93 $\pm$ 0,69	21,38 $\pm$ 0,73	0,08 $\pm$ 0,00	129,65 $\pm$ 2,38	577,57 $\pm$ 5,67
PER 002442	58,98 $\pm$ 0,02	25,35 $\pm$ 0,85	0,00 $\pm$ 0,00	164,66 $\pm$ 3,30	596,12 $\pm$ 7,87
PER 002443	59,74 $\pm$ 0,57	23,61 $\pm$ 0,73	0,00 $\pm$ 0,00	147,15 $\pm$ 4,72	582,53 $\pm$ 5,77
PER 002456	67,46 $\pm$ 0,88	19,75 $\pm$ 0,77	0,00 $\pm$ 0,00	181,44 $\pm$ 9,77	787,14 $\pm$ 4,02
PER 002457	60,38 $\pm$ 0,61	21,62 $\pm$ 0,83	0,22 $\pm$ 0,00	152,59 $\pm$ 6,50	564,25 $\pm$ 4,29
PER 002458	60,23 $\pm$ 0,26	22,86 $\pm$ 0,84	0,00 $\pm$ 0,00	157,44 $\pm$ 7,99	596,78 $\pm$ 7,23
PER 002459	60,38 $\pm$ 0,55	23,26 $\pm$ 0,83	0,15 $\pm$ 0,00	154,17 $\pm$ 7,15	573,93 $\pm$ 7,06
PER 002460	52,11 $\pm$ 0,36	19,37 $\pm$ 0,81	0,00 $\pm$ 0,00	135,22 $\pm$ 3,10	500,29 $\pm$ 3,98
PER 002461	55,51 $\pm$ 0,91	18,05 $\pm$ 0,96	0,07 $\pm$ 0,00	141,71 $\pm$ 2,30	549,79 $\pm$ 8,36
PER 002462	66,74 $\pm$ 0,66	27,34 $\pm$ 0,86	0,11 $\pm$ 0,00	179,91 $\pm$ 5,80	790,34 $\pm$ 2,18
PER 002463	53,22 $\pm$ 0,37	17,84 $\pm$ 0,86	0,26 $\pm$ 0,00	148,57 $\pm$ 6,03	383,06 $\pm$ 22,22

Los valores representan el promedio de tres repeticiones.

Contenidos superiores a los encontrados en 30 accesiones de semillas evaluadas se reportan en la literatura. Repo-Carrasco et al. (2009) obtuvieron 112,89 y 98,68 mg GAE/100 g (db) en variedad Centenario y Oscar Blanco. Li et al. (2015) reportan en el rango de 123 a 155 mg GAE/100g en granos; además revelan la presencia de compuestos fenólicos como ácido rosmarínico, ácido 2, 4 dihidroxibenzoico, ácido ferúlico, rutina, ácido elágico, kaempferol - 3 - rutinosido y quercitina; concluyen que al extraer con etanol y soxhlet, tuvieron mejores resultados. Paško et al., (2009) evaluaron a las semillas de *A. cruentus* de dos diferentes variedades aztek y Rawa de Polonia, encontraron polifenoles totales 295 mg GAE/100g y en la segunda variedad 300 mg GAE/100g. Castel et al. (2014) encontraron 112 mg/100g en *A. mantegazzianus*.

Se encontraron valores por debajo de lo encontrado en esta investigación, según Alvarez-Jubete et al. (2009) los polifenoles totales en las semillas de kiwicha fueron  $21,2 \pm 2,3$  GAE mg/100g, los granos fueron cosechados en Perú. Repo-Carrasco et al. (2010b) reportan 12,14 mg/100g de muestra en variedad Centenario.

En granos andinos similares a la kiwicha, es decir quinua, provenientes de Puno Abderrahim et al. (2015) encontraron el contenido de fenólicos totales entre 123 a 324 mg de ácido gálico equivalente/100g.

Barba de la Rosa et al. (2008), en un estudio identificaron y cuantificaron polifenoles rutina, isoquercitina y nicotiflorina, encontrando en el primero hasta 10,1 mg/g de harina, afirman que la rutina puede modular efectivamente el avance de formación de productos finales de glicación, asociados con numerosas enfermedades. Las enfermedades clínicas posiblemente aceleradas por la formación de productos finales de glicación incluyen neuropatía, nefropatía, retinopatía, rigidez articular, cataratas seniles, enfermedad de Alzheimer y enfermedad cardiovascular. Aportan que la kiwicha es un grano andino con una fuente de compuestos fenólicos de altas propiedades antioxidantes.

En el Cuadro 10, se puede apreciar los resultados de la correlación de Spearman, realizadas entre los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante con ambos métodos, DPPH y ABTS.



**Cuadro 10: Correlación entre los compuestos fenólicos totales y flavonoides con DPPH y ABTS.**

<b>Correlación Spearman</b>	
<b>VARIABLES CORRELACIONADAS</b>	<b>COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (r)</b>
Fenólicos totales y capacidad antioxidante DPPH	0,610**
Fenólicos totales y capacidad antioxidante ABTS	0,714**
Flavonoides y capacidad antioxidante DPPH	0,292
Flavonoides y capacidad antioxidante ABTS	0,385*

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Steffensen et al. (2011) cultivaron 18 diferentes genotipos de *Amaranthus* paralelamente en Argentina, México, España y Republica Checa; llegando a la conclusión de que el contenido de polifenoles en las semillas fue muy influenciada por los factores medioambientales y la especie asimismo encontraron que la *A. hypochondiacus* presentaba mayor contenido.

Chitindingu et al. (2015) encontraron que los compuestos fenólicos de *A. hybridus* son bioaccesibles en más de 25 y 65 por ciento en el intestino delgado y grueso respectivamente, usando modelo *in vitro*.

Vega (2013) encontró los compuestos fenólicos totales en las variedades Oscar Blanco y Centenario conteniendo estas 34,6 y 49,73 en mg de ácido gálico/100g de muestra respectivamente, además reporta que existen diferencias significativas en cuanto a los compuestos fenólicos de las dos variedades según la prueba T-Student ( $\alpha = 0,048$ ).

### **4.2.3. Flavonoides totales**

Del Cuadro 9, se puede notar que la PER 002369 tuvo un menor contenido de flavonoides con 12,65 mg CE/100g db, mientras que la kiwicha con código PER 002380 presentó el mayor contenido con 36,58 mg CE/100g db.

Investigaciones realizadas en flavonoides totales de kiwicha reportan valores similares Li et al., (2015) encontraron desde 35 a 53 mg CE/100g db en tres especies, *hypochondriacus*, *caudatus* y *cruentus*; las cuales fueron producidas en Canadá el 2011.

Con relación a la presencia de flavonoides en los granos de kiwicha Steffensen et al. (2011) encontraron que flavonoides como la rutina, exhibieron grandes variaciones, sin embargo la nicotilclorin fue menos afectada. Los investigadores evaluaron los granos luego de cultivar a diferentes condiciones medio ambientales de 18 diferentes genotipos de *Amaranthus*.

Lock (1997) indica que los flavonoides tienen una absorción en la región ultravioleta visible de los espectros debidos a la presencia de sistemas aromáticos y conjugados y son solubles en agua y etanol.

La correlación de Spearman (Cuadro 9), arrojó una relación positiva ( $r = 0,292$ ) con la capacidad antioxidante según DPPH. Y una correlación significativa al nivel 0,05 con  $r = 0,385$  con la capacidad antioxidante según ABTS.

### **4.2.4. Betalaínas**

En el Cuadro 9, se puede observar los resultados de los contenidos de betalaínas en las semillas de 30 accesiones de kiwicha evaluadas. En las semillas con códigos PER 002355, PER 002356, PER 002367, PER 002370, PER 002378, PER 002442, PER 002443, PER 002456, PER 002458 y PER 002460, no se detectaron betalaínas, sin embargo la PER 002359 alcanzó un máximo de contenido con 1,01 mg/100g db. La comparación entre accesiones revela que hubo diferencias significativas entre todas las accesiones.

Investigaciones realizadas antes en betalaínas de kiwicha se encuentran dentro de lo que presentaron las semillas evaluadas Li et al., (2015) encontraron desde 0,07 a 0,96 mg /100g db en semillas de kiwicha y explican que las hojas son las que presentan mayor contenido (hasta 16,9 mg /100g en *A. hypochondiacus*).

Contenidos superiores de betalaínas presenta la bibliografía, entre 50 a 199 mg/100g en semillas de kiwicha (Cai et al., 2015 y Myers, 2004; citados por Khan y Giridhar, 2015).

Betalaínas en la familia *amarantaceae* poseen, de 11 a 28 mg/100g en base seca en semillas de *Achyranthes spp.* (Cai et al. 2015; citados por Khan y Giridhar, 2015). Estos contenidos son superiores a las accesiones de la especie *caudatus* evaluadas.

Compilación de investigaciones anteriores realizadas por Khan y Giridhar (2015) confirman que 850 especies y 74 géneros de la familia *amarantaceae* presentan betalaínas en sus vacuolas. Gengatharan et al. (2015) presentan información de una serie de fuentes comestibles conocidas de betalaínas, siendo una de ellas una planta frondosa y granulada de *Amaranthus sp.*; la kiwicha de grano tal como *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus caudatus* y *Amaranthus hybridus* contienen más betacianinas en sus tejidos en comparación con los de *Amaranthus tricolor*, un amaranto vegetal (Gengatharan et al., 2015).

Clemente y Desai (2011) demostraron que el extracto de *A. tricolor* en ratas, reduce significativamente el colesterol de la sangre y los niveles de lipoproteínas de baja densidad (LDL) e incrementa el contenido de lipoproteínas de alta densidad (HDL).

Khan y Giridhar (2015) recopilaron información acerca de los factores que influyen en la acumulación de betalaínas y encontraron que muchos factores medio ambientales y físicos afectan la acumulación de metabolitos secundarios.

La luz del sol es requerida para la formación de dihidropiridina que le da la subida al ácido del betalámico, aminoácido piperidínico precursor de la betalaína. Otros factores como salinidad y la sequía, aumentan la acumulación de pigmentos en respuesta al estrés. Se demostró curiosamente que la mayoría de los genes biosintéticos de las betalaínas se

activan en respuesta al estrés conduciendo a la acumulación de betalaínas en *A. Hypochondriacus* (Casique-Arroyo et al., 2014; citados por Khan y Giridhar, 2015).

Khan y Giridhar (2015) concluyen que las betaxantinas y las betacianinas absorben a  $471,5 \pm 13,5$  nm y  $541 \pm 9$  nm, respectivamente; dependiendo de la estructura. Estas longitudes de onda están dentro de lo empleado para la lectura de la absorbancia en esta investigación siendo 476 y 538 nm para betaxantina y betacianina, respectivamente.

En granos similares a la kiwicha, investigaciones de Abderrahim et al. (2015) en 13 muestras de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) encontraron contenidos de betalaínas entre 0,15 a 6,10 mg/100g. Los cuales son valores similares a lo encontrado.

En esta investigación el contenido de betacianinas y betaxantinas varió entre 0,00 a 0,16 y 0,00 a 0,96 mg/100g en base seca. Al respecto Cai et al. (2005) encontraron desde 154 a 469 mg/100g en base seca de betacianinas en 21 genotipos de *Amaranthus*.

#### **4.2.5. Capacidad antioxidante según DPPH**

Al evaluar la reacción entre los compuestos con actividad antioxidante y el radical estable 2,2-difenil-1picrylhidrazilo (DPPH), se encontró un rango de 119,15 a 268,20  $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ , los códigos correspondientes fueron PER 002354 y PER 002380, respectivamente, como se puede observar en el Cuadro 9.

La bibliografía en capacidad antioxidante con DPPH en la kiwicha presenta valores similares; López-Mejía et al. (2014) desde 4 a 124  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ , al evaluar la capacidad antioxidante de la especie *hypocondriacus* con tres solventes (etanol metanol y hexano), a extracción con soxhlet y agitación magnética, resaltan que con metanol en ambas condiciones de extracción, se obtuvo mayor actividad antioxidante. El grano de kiwicha posee niveles considerables de capacidad antioxidante.

Los métodos más aplicados para determinar la capacidad antioxidante son ABTS y DPPH (Arnao, 2001; Antolovich et al., 2002; Montoya et al., 2015; Prior et al., 1998 y Prior 1999; citados por Kuskoski et al., 2005). Ambos presentan una excelente estabilidad en ciertas condiciones, aunque también muestran diferencias. El DPPH es un radical libre que puede obtenerse directamente sin una preparación previa, mientras que el ABTS tiene que

ser generado tras una reacción que puede ser química (Arnao, 2001; Kuskoski et al., 2005; Re et al., 1999 y Sellappan et al., 2002; citados por Kuskoski et al., 2005). La reducción de color del radical ABTS por el efecto de un antioxidante se puede evaluar leyendo la absorbancia a 734 nm y la decoloración del color violeta del radical DPPH a 517 nm. (Kim et al., 2002).

Los antioxidantes naturales pueden proteger el ADN, las proteínas y los lípidos de membrana del daño oxidativo en los sistemas biológicos y así proporcionar beneficios para la prevención de enfermedades y promoción de la salud (Halliwell, 1996). Los antioxidantes detienen la acción de radicales libres (Morales, 2007).

#### **4.2.6. Capacidad antioxidante según ABTS**

El Cuadro 9, plasma que la reacción entre los compuestos con capacidad antioxidante y el radical estable 2,2 azinobis (3-ethylbenzothiazolona-6- ácido sulfónico) (ABTS), generó valores desde 383,06 a 790,34  $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ , pertenecientes a las semillas con código PER 002463 y PER 002462, respectivamente.

Brindzová et al. (2009) reportan valores ligeramente superiores con valores desde 840 hasta 1650  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$  al evaluar kiwichas (*A. hypochondriacus*), de tres variedades del banco del Instituto de Investigación de Producción de Plantas de Eslovaquia.

Valores ligeramente inferiores encontró Vega (2013) en la capacidad antioxidante de la kiwicha variedad Oscar blanco la cual presentaba 305  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$  de muestra y la variedad Centenario 353  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$  de muestra ambos fueron determinados con el método de ABTS y gracias a la prueba T-Student encontró diferencias significativas con  $\alpha = 0,021$ ; menciona también que este valor es superior a otros cultivos como el sorgo, cebolla, col, zanahoria y papa los cuales presentan 2,7; 26; 4,5; 5 y 4  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$  de muestra respectivamente, pero son inferiores a otros alimentos con alta capacidad antioxidante.

#### **4.4. Color del grano de la kiwicha.**

Se usaron los espacios de color, como CIE  $L^*C^*h$ , y CIE  $L^*a^*b^*$ , para comunicar y expresar el color objetivamente. Las características de color;  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ , y  $h$  de los granos de semillas de 30 accesiones de kiwichas evaluadas se muestran en el Cuadro 11.

**Cuadro 11: Resultados de las características de color de las accesiones de kiwicha.**

Código Nacional	L*	a*	b*	C*	h
PER 002354	64,36 ± 0,06	3,78 ± 0,09	22,52 ± 0,07	22,83 ± 0,08	80,46 ± 0,20
PER 002355	63,45 ± 0,30	3,75 ± 0,14	22,13 ± 0,31	22,45 ± 0,33	80,37 ± 0,23
PER 002356	61,62 ± 0,09	4,38 ± 0,12	21,66 ± 0,06	22,17 ± 0,13	78,59 ± 0,37
PER 002357	63,00 ± 0,63	4,13 ± 0,18	22,10 ± 0,03	22,49 ± 0,05	79,42 ± 0,45
PER 002358	63,24 ± 0,08	3,96 ± 0,07	22,22 ± 0,09	22,57 ± 0,10	79,89 ± 0,13
PER 002359	69,32 ± 0,72	2,82 ± 0,30	19,93 ± 0,52	20,13 ± 0,55	81,95 ± 0,63
PER 002360	63,87 ± 0,55	3,89 ± 0,20	22,60 ± 0,29	22,92 ± 0,35	80,22 ± 0,35
PER 002363	63,95 ± 0,41	4,06 ± 0,09	22,70 ± 0,18	23,06 ± 0,19	79,87 ± 0,19
PER 002365	62,66 ± 1,17	4,08 ± 0,21	22,51 ± 0,39	22,88 ± 0,40	79,73 ± 0,47
PER 002366	55,45 ± 0,15	5,22 ± 0,02	19,87 ± 0,18	20,56 ± 0,19	75,27 ± 0,07
PER 002367	56,62 ± 0,20	5,36 ± 0,05	21,03 ± 0,04	21,70 ± 0,06	75,70 ± 0,11
PER 002368	55,99 ± 0,23	5,72 ± 0,22	20,65 ± 0,05	21,40 ± 0,05	74,82 ± 0,12
PER 002369	59,39 ± 0,28	4,92 ± 0,08	21,29 ± 0,23	21,86 ± 0,21	77,00 ± 0,27
PER 002370	62,84 ± 0,44	3,91 ± 0,09	21,62 ± 0,07	21,98 ± 0,05	79,74 ± 0,26
PER 002377	64,88 ± 0,59	3,73 ± 0,16	22,74 ± 0,41	22,95 ± 0,54	80,69 ± 0,40
PER 002378	59,01 ± 0,57	4,88 ± 0,20	21,41 ± 0,51	21,96 ± 0,53	77,16 ± 0,33
PER 002379	57,25 ± 0,29	5,22 ± 0,07	20,69 ± 0,10	21,34 ± 0,10	75,84 ± 0,20
PER 002381	32,65 ± 0,39	5,24 ± 0,23	4,64 ± 0,26	7,01 ± 0,34	41,52 ± 0,59
PER 002380	31,15 ± 0,64	2,36 ± 0,54	1,70 ± 0,29	2,91 ± 0,60	35,91 ± 2,09
PER 002422	53,41 ± 0,36	6,45 ± 0,21	20,40 ± 0,30	21,39 ± 0,22	72,52 ± 0,69
PER 002442	59,30 ± 0,55	4,60 ± 0,22	21,90 ± 0,18	22,38 ± 0,19	78,15 ± 0,51
PER 002443	55,41 ± 0,09	5,58 ± 0,08	20,65 ± 0,11	21,39 ± 0,13	76,55 ± 2,90
PER 002456	55,77 ± 0,61	5,19 ± 0,21	20,07 ± 0,18	20,73 ± 0,23	75,50 ± 0,46
PER 002457	56,16 ± 0,13	5,22 ± 0,06	20,28 ± 0,28	20,94 ± 0,29	75,55 ± 0,07
PER 002458	56,71 ± 0,32	5,37 ± 0,15	21,06 ± 0,32	21,73 ± 0,35	75,69 ± 0,16
PER 002459	58,34 ± 0,07	4,72 ± 0,10	20,54 ± 0,12	21,08 ± 0,12	77,07 ± 0,28
PER 002460	55,97 ± 0,25	5,62 ± 0,11	20,40 ± 0,29	21,16 ± 0,31	74,60 ± 0,09
PER 002461	55,20 ± 0,28	5,56 ± 0,08	20,19 ± 0,17	20,95 ± 0,16	74,59 ± 0,27
PER 002462	56,24 ± 0,14	5,30 ± 0,15	20,08 ± 0,26	20,77 ± 0,28	75,22 ± 0,28
PER 002463	57,17 ± 0,31	5,09 ± 0,05	20,17 ± 0,16	20,80 ± 0,14	75,83 ± 0,23

Los valores representan el promedio de tres repeticiones.

En el Cuadro 11, se presentan los valores de espacios de color, CIE L\*C\*h y CIE L\*a\*b\*. Los valores de luminosidad; L\*, se encontraron desde 31,15 a 69,32. Las accesiones PER 002381 y PER 002380 tenían los valores más bajos, esto, debido a que presentan colores más oscuros (ver Anexo 1). Las accesiones que presentaban valores superiores a 61,62 tenían mayor cantidad de amilopectina (PER 002354, PER 002355, PER 002356, PER

002357, PER 002358, PER 002359, PER 002360, PER 002363, PER 002365, PER 002370 y PER 002377). Mientras que las accesiones que presentaban valores por debajo de 59,39 son las que presentaron mayor cantidad de amilosa (PER 002366, PER 002367, PER 002368, PER 002369, PER 002378, PER 002379, PER 002381, PER 002380, PER 002422, PER 002442, PER 002443, PER 002456, PER 002457, PER 002458, PER 002459, PER 002460, PER 002461, PER 002462 y PER 002463).

Los valores de  $a^*$  estuvieron entre 2,36 y 6,45. Al realizar el análisis se puede notar que la accesión PER 002422 (6,45); presenta diferencias significativas a las demás y lo mismo sucede con los valores inferiores PER 002359 (2,82) y PER 002380 (2,36).

Los valores de  $b^*$ ,  $C^*$  y  $h$  se encontraron entre 1,70 a 22,74; 2,91 a 23,06 y 35,91 a 81,95 respectivamente. Al respecto las kiwichas de código PER 002380 y PER 002381, al realizar el análisis estadístico mostraron diferencias significativas en comparación a otras accesiones.  $L^*$  se correlaciona (Spearman) significativamente con  $C^*$ ,  $a^*$  y  $h$  en 0,767; 0,921 y 0,960 al 0,01 respectivamente. Mientras que con  $b^*$  se correlaciona (Spearman) negativamente con -0,767 al 0,01.

Espacios de color que se encuentran dentro del rango de lo encontrado en las semillas estudiadas reportó Reyes (2007) quien encontró valores de  $L^* = 53,11$ ;  $a = 3,16$  y  $b^* = 14,71$ . En granos de kiwicha de variedad Centenario producida por el Programa Cereales de la UNALM. Menegassi et al., (2011) encontraron 79,9 para  $L^*$ ; en harina de granos de *A. cruentus* de variedad Alegria provenientes de Brazil, encontraron que los valores de  $L^*$  disminuían a 69,6 al ser popeados.

Valores de  $h$  inferiores encontraron Abderrahim et al. (2015) cuando evaluaron características de color en granos de quinua, el  $h$  varió desde -5 a 17,5; valores de  $L^*$  cercanos a 100 presentaron los granos que en el Anexo 1 se puede apreciar con variaciones de color rojo.

Valores superiores de  $L^*$  encontraron Li et al. (2015) con rango comprendido entre 70,80 a 77,39. Por su parte los valores de  $a^*$  con 2,41 hasta 4,05, se encuentran dentro del rango visualizado en este estudio. Los valores de  $b^*$ ,  $C$  y  $h$  también se encuentran dentro del rango de lo obtenido al evaluar las semillas de 30 accesiones, con rangos de 12,28 a 14,56; desde 12,5 hasta 14,76 y entre 72,61 a 80,61; respectivamente.

Singh y Singh (2010) encontraron valores de 49 a 51 para  $L^*$ , entre 13 a 13,8 para  $a^*$  y desde 10,6 a 13,2 para  $b^*$ . Al comparar con los resultados obtenidos se puede observar que los valores de  $a^*$  son superiores a los reportados en esta investigación, como se muestra en el Cuadro 11. Mientras que los valores de  $b^*$  si se encuentran dentro de lo obtenido.



## V. CONCLUSIONES

- Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en valores químicos para las semillas de 30 accesiones evaluadas. En características de color L\* estaba entre 31,15 a 69,32; Los valores de a\* estuvieron entre 2,36 y 6,45. Los valores de b\*, C\* y h se encontraron entre 1,70 a 22,74; 2,91 a 23,06 y 35,91 a 81,95 respectivamente.
- Los contenidos de los compuestos bioactivos fibra dietaria, fenólicos totales, flavonoides totales y betalaínas estuvieron en un rango entre 7,50 a 14,12 por ciento; 51,34 y 75,69 mg GAE/100g db; 12,65 y 36,58 mg CE/100g db y 0,0 a 1,01 mg/100g db, respetivamente. La correlación entre la capacidad antioxidante con el radical DPPH y ABTS fue 0,823. La capacidad antioxidante hidrofílica medida por el método de DPPH alcanzó un promedio de 193,68  $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ; mientras que con el método de ABTS adquirió un promedio de 586,70  $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ .
- Los azúcares reductores comprendían el rango entre 1,60 y 4,51 por ciento db expresado como glucosa. La amilosa se encontró desde 1,77 a 16,74 por ciento con DMSO y entre 0,36 a 16,60 por ciento con NaOH. La correlación entre el método usando DMSO y NaOH fue 0,883.
- El diámetro mayor comprendía entre 1,37 a 1,60 mm; diámetro menor entre 1,21 a 1,44 mm. La circunferencia se encontró entre 3,80 a 4,50 mm. El área estuvo entre 1,15 a 1,61  $\text{mm}^2$  y radio de 0,60 mm a 0,72 mm.
- Cada semilla perteneciente a una accesión presentó un importante contenido de proteína, lípidos, fibra dietaria, fenólicos totales, flavonoides totales y betalaínas. La accesión de código PER2380, presentó altos contenidos de: proteína (16,59 por ciento), fibra dietaria (14,12 por ciento), fenólicos totales (75,69 GAE/100g db) y valores de actividad antioxidante según DPPH 268,20  $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ .

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios en relación a diversos factores agroecológicos que podrían influir en el contenido nutricional y de compuestos bioactivos evaluados.
- Realizar estudios de cuantificación de escualeno en los lípidos provenientes de la kiwicha y evaluar la presencia de pesticidas en semillas y hojas.
- Realizar estudios del perfil aminoacídico en las proteínas de las kiwicha.
- Realizar estudios de evaluación biológica con suministro de kiwichas en ratas.
- Determinar los minerales, ligninas y capacidad antioxidante empleando otros métodos.
- Evaluar el valor nutricional y compuestos bioactivos a la kiwicha sometido a diferentes métodos de cocción.
- Evaluar la digestibilidad de kiwicha cocida en humanos y comparar con la digestibilidad huevo, midiendo el score de aminoácidos en el plasma sanguíneo.
- Evaluar los compuestos químicos y bioactivos en granos y harinas de semillas de kiwicha y comparar su diferencia.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. 1990. Insoluble and soluble dietary fibre in oat products enzymatic-gravimetric method. Asociación Americana de Químicos de Cereales. Disponible en: [fao.org](http://fao.org). Consultado agosto del 2015.

AACC. 2000. Métodos Aprobados de la AACC. Asociación Americana de Químicos de Cereales, 10ma edición. Disponible en: [fao.org](http://fao.org). Consultado agosto del 2015.

ABDERRAHIM, F.; HUANATICO, E.; SEGURA, R.; ARRIBAS, S.; GONZALEZ, M. y CONDEZO-HOYOS, L. 2009. Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa Willd.*) from Peruvian Altiplano. Food Chemistry 183 (2015) Pág. 83–90.

ALEMAYEHU, R.; BENDEVIS, M. y JACOBSEN, E. 2015. The potential for utilizing the seed crop Amaranth (*Amaranthus spp.*) in East Africa as an Alternative crop to support Food Security and Climate Change migration. J Agro Crop Sci (2015) ISSN 0931-2250.

ALVAREZ, A.; CÉSPEDES, E. y SUMAR, L. 2010. Conservación y mejoramiento genético de la kiwicha (*Amarantus caudatus*) en la Región Cusco. Primer congreso peruano de mejoramiento genético y biotecnología Agrícola. Universidad Agraria La Molina. Pág. 110.

ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E. y GALLAGHER, E. 2009. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. Food Chemistry Pág.770–778. Doi:10.1016/j.foodchem.2009.07.032.

ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E. y GALLAGHER, E. 2010. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten free ingredients. Trends in Food Science & Technology 21 (2010) Pág. 106-113.

AKIN-IDOWU, P. ODULONA O.; GBADEGESIN, M.; OKE, A.; y ORKPEH, U. 2013. Assessment of the protein quality of twenty nine grain amaranth (*Amaranthus spp. L.*) accessions using amino acid analysis and one-dimensional electrophoresis. DOI: 10.5897/AJB12.2971. Vol. 12(15), pp. 1802-1810, 2013.

AKIN-IDOWU, P. ODULONA, O.; GBADEGESIN, O.; ADEMOYEGUN, O.; DULOJU, A. y OLAGUNJU, Y. 2017. Nutritional Evaluation of Five Species of Grain Amaranth – An Underutilized Crop. DOI: 10.18483/ijSci.1131.

ANTOLOVIC, M.; PRENZLER, P.; PATSALIDES, E.; MCDONALD, S. y ROBARDS, K. 2002. Methods for testing antioxidant activity. *Analyst* 2002. Pág. 127, 183–198.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis International. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. Disponible en: [aoac.org](http://aoac.org) Consultado agosto del 2015.

ARNAO, M. 2001. Some methodological problems in the determination of activity using chromogen radicals: A practice case. *Trends in Food Science and Technology*. Vol. 2.

AZEREDO, H. 2006. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International Journal of Food Science and Technology* 2009, 44, 2365–2376.

BADUI, S. 2006. Química de los alimentos. 4ta. Edición. Pearson Educación. Universidad Iberoamericana, México. Pág. 401-439.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K. y SAMMAN, S. 2005. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Analytical, Nutritional and Clinical Methods. Food Chemistry*. Pág. 191–203. doi:10.1016/j.foodchem.2005.07.042.

BARBA DE LA ROSA, A.; FOMSGAARD, I.; LAURSEN, B.; MORTENSEN, A.; OLVERA, L.; SILVA, C.; MENDOZA, A.; GONZÁLEZ, J. y DE LEÓN RODRÍGUEZ, A. 2008. Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable

food production: Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. Doi: 10.1016 / j.jcs.2008.07.012.

BARTOSZ, G. 2014. Food Oxidants and Antioxidants chemical, biological, and functional properties. Pág. 54-55.

BAUTISTA, M. y PICO, L. 2009. Determinar la factibilidad de producir y comercializar una bebida de amaranto con sabor a chocolate en Bucaramanga y su Área Metropolitana. Universidad Pontificia Bolivariana. Ingeniería Industrial. Pág. 33.

BECKER, R.; MEYER, D.; WAGONER, P. y SAUNDERS, R. 1992. Alternative crops for sustainable agricultural systems. Agriculture, Ecosystems and Environment. Elsevier Science Publishers. Pág. 265-274.

BELLO, L.; PANO, Y.; AGAMA, SÁNCHEZ, L. y E.; PAREDES, O. 1999. Starch. Isolation and Partial Characterization of Amaranth and Banana Starches. Agriculture Food Chemistry Pág. 84-857. Weinheim.

BENDEZÚ, E. 2011. Determinación de la correlación entre el análisis químico proximal y el análisis por espectroscopía de transmitancia en el infrarrojo cercano (NIRS) en semillas de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*). Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.

BRESSANI, R. 2006. Estudios sobre la industrialización del grano de amaranto, caracterización química y nutricional de productos intermedios y finales de procesamiento. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONCYT, Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología – SENACYT, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología – FONACYT, Universidad del Valle de Guatemala-UVG. Proyecto FODECYT N°23-2002.

BRINDZOVÁ, L.; ZALIBERA, M.; SIMON, P.; 2 MILAN C.; TAKÁCSOVÁ, M. MIKULAJOVA, M.; MIKUSOVÁ, L. Y RAPTA, P. 2009. Screening of cereal varieties for antioxidant and radical scavenging properties applying various spectroscopic and thermo analytical methods. International Journal of Food Science and Technology 2009, 44, Pág. 784–791.

CAI, Y.; SUN, M. y CORKE, H. 2005. HPLC Characterization of Betalains from Plants in the *Amaranthaceae*. *Journal of Chromatographic Science*, Vol. 43, October 2005.

CARRILLO, W.; VILCACUNDO, R. y CARPIO. 2015. Compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinua. *Actualización en Nutrición* Vol. 16 N° 1 Marzo de 2015: 18-22 ISSN 1667-8052.

CASTEL, V.; ANDRICH, O. NETTO, F.; SANTIAGO, L. y CARRARA, C. 2014. Total phenolic content and antioxidant activity of different streams resulting from pilot-plant processes to obtain *Amaranthus mantegazzianus* protein concentrates. *Journal of Food Engineering* 122 (2014). Pág. 62–67.

CASTRO-GIRÁLDEZ, M.; FITO, P.; PRIETO, J.; ANDRÉS, A. y FITO, P. 2012. Study of the puffing process of amaranth seeds by dielectric spectroscopy. *Journal of Food Engineering* 110 (2012) 298–304.

CERVANTES, D.; SCHRAMM, D.; JACOBSON, E.; HALAWEISH, I., BRUCKNER, G. y BISSONNEAULT, G. 2006. Inhibiting formation of advanced glycation end product on collagen by routine and its metabolites. *Journal of Nutritional Biochemistry*. Pág.253-521.

CHAUHAN, A.; SAXENA, D. y SINGH, S. 2015. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus spp.*) flour. *Food Science and Technology* 63 (2015) 939-945.

CHITINDINGU, K.; BENHURA, B. y MUCHUWETI, M. 2015. In vitro bioaccessibility assessment of phenolic compounds from selected cereal grains: A prediction tool of nutritional efficiency. *LWT - Food Science and Technology* 63 (2015). Pág. 575 a 581.

CHUNG, Y. 2014. Antioxidant properties of certain cereals as affected by food-grade bacteria fermentation. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. [dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2013.10.002](https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2013.10.002).

CLEMENTE, A. y DESAI, P. 2011. Evaluation of the Hematological, Hypoglycemic, Hypolipidemic and Antioxidant Properties of *Amaranthus Tricolor* Leaf Extract in Rat. Tropical Journal of Pharmaceutical Research October 2011; 10 (5): 595-602.

CONFORTI, F.; STATTI, G.; LOIZZO, M.; SACCHETTI, G.; POLI, F. y MENICHINI, F. 2005. In Vitro Antioxidant Effect and Inhibition of a  $\alpha$ -Amylase of Two Varieties of *Amaranthus caudatus* Seeds. Biol. Pharm. Bull. Pharmaceutical Society of Japan. Vol 18 N° 6. Pág 1098-1102.

DINI, I.; TENORE, G. y DINI, A. 2010. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter Chenopodium quinoa seeds. LWT - Food Science and Technology. 2010; 43: 447–451.

EL-GHAMERY, A.; SADEK, A. y ABDELBAR, O. 2017. Comparative anatomical studies on some species of the genus *Amaranthus* (Family: Amaranthaceae) for the development of an identification guide. Annals of Agricultural Science 62 (2017) Pág 1–9.

GALARZA, I. y FALCÓN, S. 2010. Artículo: elaboración de una colada a base de amaranto. Amaranto Alternativa Nutricional. Universidad Técnica del Norte Carrera de Gastronomía. Ecuador.

GENGATHARAN, A.; DYKES, G. y WEESEM, C. 2015. Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. LWT - Food Science and Technology 64 (2015) 645 - 649.

GORINSTEIN, S.; LOJEK, A.; CIZ, M.; PAWELZIK, E.; DELGADO-LICON, E.; MEDINA, O.; MARLÉN M.; ARNAO, I. y GOSHEV, I. 2008. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. International Journal of Food Science and Technology 2008, Vol. 4: Pág. 629–637.

HALLIWELL, B. 1996. Antioxidants in human health and disease. Revisión Anual de Nutrición. Serie PMID: 8839918. Pág. 33-50.

HE, E.; CAI, Y.; SOL, M. y CORKE, H. 2002. Extraction and purification of squalene amaranth grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. DOI: 10.1021/jf010918p. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, 50 (2), Pág. 368–372.

HERRERA, I. 2009. Obtención de galletas fortificadas con salvado de quinua (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaue aellen*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Universidad Agraria La Molina. Lima-Perú.

HERRERA, S. y MONTENEGRO, A. 2012. El amaranto: prodigioso alimento para la longevidad y la vida. *Kalpana* N°8. ISSN: 1390-5775. Pág. 51-64.

HIROSE, Y.; FUJITA, T.; ISHII, T. y YUENO N. 2010. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chemistry*. 2010; 119: 1300-1306.

HOLLMAN, J.; THEMEIER, H.; NEESE, U. y LINDHAUER, M. 2013. Dietary fibre fractions in cereal foods measured by anew integrated AOAC method. *Food Chemistry* 140 (2013) Pág. 586–589.

HOOVER, R. y RATNAYAKE, W. 2001 *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* (2001). E2.3.1-E2.3.5. Copyright © 2001 by John Wiley & Sons, Inc.

INEI. 2009. INEI - Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares 2008 - 2009. Tema: Consumo Per Cápita de los Principales Alimentos 2008 - 2009. Disponible en: [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe). Consultado 10 de agosto del 2015.

INOUCHI, N.; NISHI, K.; TANAKA, S.; ASAI, M.; KAWASE, Y.; HATA, Y.; KONISHI, Y.; YUE, S. y FUWA, H. 1999. Characterization of Amaranth and Quinoa Starch. *F. Appl. Glycosci.*, Vol. 46, No. 3, p. 233-240 (1999).

ISO. 1987. Determination de la teneur en amylose. ISO 6647. International Organization for Standarization. Suiza.



JAIN, G y GOULD, K. 2015. Are betalain pigments the functional homologues of anthocyanins in plants?. *Environmental and Experimental Botany* 119 (2015) 48–53.

JUAN, R.; PASTOR, J.; ALAIZ, M.; MEGÍAS, C. y VIOQUE, J. 2007. Caracterización proteica de las semillas de once especies de amaranto. *Grasas y aceites*, 58 (1), enero-marzo, 49-55, 2007, ISSN: 0017-3495.

JUMBO, N. 2012. Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de un filtrante de cinco hierbas aromáticas y esteviosido (*Stevia rebaudiana* B.). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

KANENSI, O.; OCHOLA, S.; GIKONYO, N. y MAKOKHA, A. 2013. Effect of Steeping and Germination on the Diastatic Activity and Sugar Content in Amaranth Grains and Viscosity of Porridge. *J. Agric. Food. Tech.*, 3(1)1-7, 2013.

KAUR, S.; SINGH, N. y CHAND, J. 2010. *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* germplasm: Characteristics of plants, grain and flours. *Food Chemistry* 123 (2010) 1227–1234.

KHAN, M. y GIRIDHAR, P. 2015. Plant betalains: Chemistry and biochemistry. *Phytochemistry* Pág. 267 – 295. Doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.06.008.

KIM, D.; WON, K.; JOO, H. y YONG, C. 2002. Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Phenolic Phytochemicals. *J. Agric. Food Chem.* 2002, 50, 3713-3717.

KUSKOSKI, M.; ASUERO, A.; TRONCOSO, A.; MANCINI-FILHO, J. y FETT, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos, Campiñas*. Pág. 726-732.

LAMOTHE, L.; SRICHUWONG, S.; REUHS, B. y HAMAKER, B. 2015. Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food Chemistry* 167 (2015) 490–496.

LI, H.; DENG, Z.; LIU, R.; ZHU, H.; DRAVES, J.; MARCONE, M.; SUN, Y. y TSAO, R. 2015. Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three *Amaranthus* species. *Journal of Food Composition and Analysis* 37 (2015) 75–81.

LIGARDA, S. 2008. Comparación de métodos de extracción con soluciones neutra y alcalina para el aislamiento de fibra soluble e insoluble a partir de salvado de quinua (*Chenopodium quinoa Wild.*), kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen.*). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

LIGARDA, C.; REPO-CARRASCO, R.; ENCINA, C.; HERRERA, I. y QUINDE, Z. 2012. Extracción con soluciones neutra y alcalina para el aislamiento de fibra soluble e insoluble a partir de salvado de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen.*). *Rev Soc Quím Perú*. 78 (1) 2012.

LOCK, O. 1997. Colorantes naturales. Pontificia Universidad Católica del Perú. 1 Edición. Fondo Editorial de la Universidad Católica del Perú. ISBN 9972-42-093-0. Lima-Perú. Pág. 45, 52 y 119.

LÓPEZ-MEJÍA, O.; LÓPEZ, A. y PALOU E. 2014. Antioxidant capacity of extracts from amaranth (*Amaranthus hypochondriacus L.*) seeds or leaves. *Industrial Crops and Products* 53 (2014). Pág. 55–59.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; REMESY, C. y JIMÉNEZ, L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am. J. Clin Nutr.* 79: Pág. 727 – 749.

MARTINEZ, C.; RIBOTTA, P.; AÑÓN, C. y LEÓN, A. 2012. Effect of amaranth flour (*Amaranthus mantegazzianus*) on the technological and sensory quality of bread wheat pasta. *Food Science and Technology International* 20(2).

MENACHO, G. 2014. Efecto del proceso de extrusión en las propiedades nutricionales y compuestos bioactivos en cinco variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). Tesis

para optar título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.

MENEGASSI, B.; PILOSOF, A. y ARÊAS, J. 2011. Comparison of properties of native and extruded amaranth (*Amaranthus cruentus* L.- BRS Alegria) flour. Food Science and Technology 44 (2011) 1915-1921.

MINAGRI. 2017. Ministerio de Agricultura y Riego. Servicios. Sistema de información. Series Históricas de Producción Agrícola - Compendio Estadístico y - Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos - OEEE - Unidad de Estadística - UE Disponible en: [www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe). Consultado el 20 de julio del 2017.

MOLINA, E.; GONZÁLES, P.; MONTERO, K.; FERRER, R.; MORENO, R. y SÁNCHEZ, A. 2011. Efecto de la época de la recolecta y órgano de la planta sobre el contenido de metales en *Amaranthus dubius* Mart. Ex Thells. Asociación interciencia. Caracas - Venezuela. ISSN: 0378-1844.

MOLINA, E. 2014. Formulación de un alimentos balanceado a base de *Amaranthus dubius* Mart. Ex Thells para conejos de engorde. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2014. Venezuela.

MONTOYA, A.; GÓMEZ, M.; REYES, C.; MILÁN, C. y GONZALES, E. 2015. Identification of bioactive sequences from amaranth (*Amaranthus hypocondriacus*) seed proteins and their potential role in the prevention of chronic diseases. Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety. Vol.14. Doi:10.1111/1541-4337.12125. Pág. 139-140.

MORALES, P. 2007. Estudio comparativo de la estabilidad de la betanina, capacidad antioxidante y fenólicos totales de los extracto de ayrampo (*Opuntia soehrensii* Britton & Rose) y betarraga (*Beta vulgaris* L.). Tesis para optar el título en ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

MORALES, J.; VÁSQUEZ, N. y BRESSANI, R. 2014. EL AMARANTO: Características y aporte nutricio. 2da Edición. Editorial Trillas. Pg. 28, 73, 76, 79, 80, 82, 97 y 136.

MOSTACERO, E.; HUARINGA, A. y VILLACORTA, E. 2006. Cultivo de la kiwicha. Boletín técnico N°4. Biodiversidad y Desarrollo Agrario (BIDA); Aide au Développement Gembloux (ADG) y la Cooperación Belga al Desarrollo (.eb).

MUJICA, A.; BERTI, M. e IZQUIERDO, J. 1997. El cultivo del amaranto (*Amaranthus spp*): Producción, mejoramiento genético y utilización. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. Pág. 25-36.

MUÑOZ, M. 2010. Composición de los alimentos, valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo. 2da. Edición. McGraw Hill. México. Pág. 79-82.

NAJMUS, A. y WHITNEY, P. 2011. Differential behaviour of the dinitrosalicylic acid (DNS) reagent towards mono-and di-saccharide sugars. *Biomass and Bioenergy*. 2011; 35: 4748-4750.

NASCIMENTO, A.; MOTA, C.; COELHO, I.; GUEIFÃO, S.; SANTOS, M.; MATOS, A.; GIMENEZ, A.; LOBO, M.; SAMMAN, N.; y CASTANHEIRA, I. 2014. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays L.*) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry* 148 (2014) 420–426.

NATERO, V. y ROMANO, G. 2011. 7ma Jornada de Nutrición. NUTRIGUÍA. Pseudocereales y Chía.

PAREDES, O. SCHEVENIN, M.; HERNÁNDEZ, D. y CÁRABEZ, A. 1989. Starch. Amaranth starch – Isolation and partial characterization. United Irapuato, México. Vol. 41 (1989) Nr. 6, Pág. 205-207.

PAŠKO, P.; BARTÓN, H.; ZAGRODZKI, P.; GORINSTEIN, S.; FOLTA, M. y ZACHWIEJA, Z. 2009. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry* Pg. 994–998. Doi:10.1016/j.foodchem.2009.01.037.

PAUCAR–MENACHO, L.; PEÑAS, E.; DUEÑAS, M.; FRIAS, J.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C. 2017. Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *Food Science and Technology* 76 (2017) 245-252.

PAULINO, C.; KESSELER, A.; OCHOA, M. y De MICHELIS, A. 2013. Compuestos bioactivos en frutas pequeñas de la Patagonia Argentina: efecto del solvente de extracción en su determinación cuantitativa. Universidad Nacional del Comahue-Argentina. Pág. 123-125.

PEÑA, J. 2010. Determinación del contenido de fibra dietaria, capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y su variación con el proceso de extrusión. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.

PÉREZ, C. y LUZURIAGA, O. 2010. Caracterización de la harina de semillas de amaranto *Amaranthus Caudatus* para elaboración de pan en mezclas con harina de trigo. *Química Central* (2010) Vol. N° 01, N°. 01:61-70. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador.

PETER, K. y GANDHI, P. 2017. Rediscovering the therapeutic potential of *Amaranthus* species: A review. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences. Egypt. Jour. Bas. App. Sci.* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejbas.2017.05.001>.

PLUCKNETT, D.; SMITH, N. y WILLIAM, J. 1987. *Gene Banks and the world's food*. Princeton, N. J. Princeton University Press. ISBN 0691-08438-6.

POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; y GORDON, M. 2001. Antioxidantes de los ALIMENTOS, APLICACIONES PRÁCTICAS. EDITORIAL ACRIBIA. Pág. 85-141.

SALGADO, J. 2006. Purificación y caracterización bioquímica y fisicoquímica de lectinas de frijol y amaranto cultivadas en el Estado de Hidalgo. Tesis para optar el título en Química de alimentos. Pachuca - México.

SANZ-PENELLA, J.; WRONKOWSKA, M.; SORAL-SMIETANA, M. y HAROS, M. 2013. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. Food Science and Technology Pg. 679-685. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.031>.

SCHANDA, J. 2007. COLORIMETRY. Understanding the CIE System. Commission Internationale de L'Eclairage (CIE), Wiley-Interscience. ISBN 978-0-470-04904-4.

SINGH, N. y SINGH, P. 2010. Amaranth: Potential Source for Flour Enrichment (Chapter 10). Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention. Doi: 10.1016/B978-0-12-380886-8.10010-8.

STAWKI, D. 2008. New determination method of amylose content in potato starch. Analytical methods. Food chemistry. Pg. 777-781. LWT - Food Science and Technology 50 (2013) 679 - 685.

STEFFENSEN, S.; RINNAN, Å.; MORTENSEN, A.; LAURSEN, B.; M. DE TROIANI, R.; NOELLEMAYER, E.; JANOVSKA, D.; DUSEK, K.; DÉLANO-FRIER, J.; TABERNER, A.; CHRISTOPHERSEN, C.; FOMSGAARD, I. 2011. Variations in the polyphenol content of seeds of field grown Amaranthus genotypes. Food Chemistry 129 (2011) 131–138.

RAMÍREZ, R. y PÉREZ, J. 2010. Alimentos funcionales: Principios y nuevos productos. Editorial. Trillas. 1ra. Edición. México. Pág. 58.

RAMOS, J.; SUURONEN, J.; DEEGAN, K.; C, SERIMAA, R.; TUORILA, H. y JOUPPILA, K. 2015. Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. Food Science and Technology 64 (2015) 1047-1056.

RAVINDRAN, V.; HOOD, R.; GILL, R.; KNEALE, C. y BRYDEN, W. 1996. Nutritional evaluation of grain amaranth (*A. Hypochondriacus*) in broiler diets. Animal Feed Science Technology 63 (1996) Pág. 323 - 331.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M. y RICE-EVANS, C. 1999. Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation de colorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*. 1999; 26(9-10): 1231-7.

REPO-CARRASCO, R. 1992. Cultivos andinos y la alimentación infantil. Serie de investigaciones N°1. CCTA comisión de coordinación de tecnología andina. Lima-Perú.

REPO-CARRASCO, R. 1998. Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y de Granos Andinos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.

REPO-CARRASCO, R.; PEÑA, J.; KALLIO, H. y SALMINEN, S. 2009. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded amaranth (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science* 49 (2009) Pág. 219–224.

REPO-CARRASCO, R.; HELLSTRÖM, J.; PIHLAVA, J. y MATTILA, P. 2010a. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry* 120 (2010) Pág. 128–133.

REPO-CARRASCO, R.; ENCINA, C.; BINAGHI, M.; GRECO y RONAYNE, P. 2010b. Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals in vitro. *J. Sci. Food. Agric.* 2010; 90: Pág. 2068–2073.

REPO-CARRASCO, R. 2013. Congreso Científico internacional de QUÍNUA Y GRANOS ANDINOS Resúmenes. 1ra Edición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.

REPO-CARRASCO, R. 2014. VALOR NUTRICIONAL Y COMPUESTOS BIOACTIVOS EN LOS CULTIVOS ANDINOS Redescubriendo los tesoros olvidados. Universidad Agraria La Molina.

REYES, J. 2007. Aislado y caracterización fisicoquímica del almidón de kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero en industrias alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.

ROJAS, D. 2013. Efecto de la estandarización y tratamiento térmico en el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en néctar de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). Tesis para optar título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias.

SUMAR, L. 1993. La kiwicha y su cultivo. Centro de Estudios Regionales Andinos “Bartolomé de las casas”.

TABLAS PERUANAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS. 2009. Octava Edición. ISBN 978-9972-857-73-7. Ministerio de Salud e Instituto Nacional de Salud. Perú.

TAPIA, M. 1997. Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. 2da Edición. FAO. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Santiago - Chile.

TAPIA-BLÁCIDO, D.; SOBRAL, P. y MENEGALLI, F. 2005. Development and characterization of biofilms based on Amaranth flour (*Amaranthus caudatus*) Journal of Food Engineering 67 (2005) Pág. 215-223.

THOMAS, H. y ATWELL, W. 1999. Starches. Practical guides for the food industry. American Association of cereal chemistry. Agricultural Sciences. USA. ISBN: 978-1-891127-01-4.

TOSI, E.; RÉ, E.; LUCERO, H. y MASCIARELLI, R. 2001. Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by differential milling. Food Chemistry 73 (2001) 441 - 443.

VÁSQUEZ, F. 2006. Digestibilidad *in vitro* de proteína y compuestos bioactivos en accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L., 1753) tostada. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.

VEGA, M. 2013. Efecto de la humectación y proporción de la mezcla sobre el grado de gelatinización de extruidos obtenidos de mezclas binarias de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) con gritz de maíz (*Zea mays* L.). Tesis para optar título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Agraria la Molina. Lima – Perú.



VON ELBE, J. 2001. Betalains. In Current Protocols in Food Analytical Chemistry.F3.1.1-F3.1.7. Jhon Wiley & Sons, Inc.

YOUNGSON, R. 2003. Antioxidantes y radicales libres. Vida natural. Harpercollins Publishers. Ltd. Hammersmith (London) U.K. Pág. 15 y 113.

ZAPATA, J. 2010. Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum L.*) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*), usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración del pan. Tesis para optar título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.

# ANEXOS

## Anexo 1. Fotografías de las accesiones



**Anexo 2. Análisis de varianza (ANVA) y Kruskal-Wallis de componentes nutricionales y bioactivos en accesiones de kiwicha**

**2.1. Análisis estadístico ANVA para evaluar el diámetro mayor (mm).**

Fuente	DF	SS	MS	F	P
ACCESION	29	0.32690	0.01127	5.33	0.000
Error	60	0.12701	0.00212		
Total	89	0.45391			

R-Sq = 72.02%

**2.2. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar el diámetro menor (mm).**

H = 64.71 DF = 29 P = 0.000

**2.3. Análisis estadístico ANVA para evaluar la circunferencia (mm).**

Fuente	DF	SS	MS	F	P
ACCESION	29	2.5792	0.0889	8.29	0.000
Error	60	0.6438	0.0107		
Total	89	3.2230			

R-Sq = 80.02%

**2.4. Análisis estadístico ANVA para evaluar el área (mm<sup>2</sup>).**

Fuente	DF	SS	MS	F	P
ACCESION	29	1.11963	0.03861	8.39	0.000
Error	60	0.27603	0.00460		
Total	89	1.39566			

R-Sq = 80.22%

**2.5. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar el radio (mm).**

H = 63.64 DF = 29 P = 0.000

**2.6. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar el contenido de humedad (%).**

H = 57.38 DF = 29 P = 0.001

**2.7. Análisis estadístico ANVA para evaluar el contenido de ceniza (% db).**

Fuente	DF	SS	MS	F	P
ACCESION	29	7.00321	0.24149	190.77	0.000
Error	30	0.03798	0.00127		
Total	59	7.04118			

R-Sq = 99.46%

## 2.8. Análisis estadístico ANVA para evaluar el contenido de lípidos (% db).

Fuente	DF	SS	MS	F	P
ACCESION	29	21.29060	0.73416	82.00	0.000
Error	30	0.26860	0.00895		
Total	59	21.55920			

R-Sq = 99.46%

## 2.9. Análisis estadístico ANVA para evaluar el contenido de fibra cruda (% db).

Fuente	DF	SS	MS	F	P
ACCESION	29	54.3762	1.87504	633.91	0.000
Error	30	0.0887	0.00296		
Total	59	21.55920			

R-Sq = 99.84%

## 2.10. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar el contenido de proteína (% db).

H = 54.24 DF = 29 P = 0.003

## 2.11. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar el contenido de carbohidratos (% db).

H = 55.58 DF = 29 P = 0.002

## 2.12. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar el almidón (%).

H = 56.76 DF = 29 P = 0.002

## 2.13. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar la amilosa con DMSO (%).

H = 117.73 DF = 29 P = 0.000

## 2.14. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar la amilopectina con DMSO (%).

H = 117.73 DF = 29 P = 0.000

## 2.15. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar la amilosa con NaOH (%).

H = 117.86 DF = 29 P = 0.000

### 2.16. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar la amilopectina con NaOH (%).

H = 117.86 DF = 29 P = 0.000

### 2.17. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar los azúcares reductores (mg CE/100g db).

H = 106.26 DF = 29 P = 0.000

### 2.18. Análisis estadístico ANVA para evaluar la FDI (%).

Fuente	DF	SS	MS	F	P
ACCESION	29	272.44	9.3945	17.26	0.000
Error	90	48.99	0.5444		
Total	119	321.43			

R-Sq = 84.76%

### 2.19. Análisis estadístico ANVA para evaluar la FDS (%).

Fuente	DF	SS	MS	F	P
ACCESION	29	18.5571	0.6399	11.68	0.000
Error	90	4.9310	0.0548		
Total	119	23.4881			

R-Sq = 79.01%

### 2.20. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar la FDT (%).

H = 90.92 DF = 29 P = 0.000

### 2.21. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar los compuestos fenólicos totales (mg GAE/100g db).

H = 117.34 DF = 29 P = 0.000

### 2.22. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar los flavonoides (mg CE/100g db).

H = 116.26 DF = 29 P = 0.000

### 2.23. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar las betalainas (mg/100g db).

H = 56.79 DF = 29 P = 0.002

**2.24. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar la capacidad antioxidante según DPPH ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ).**

H = 112.30 DF = 29 P = 0.000

**2.25. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar la capacidad antioxidante según ABTS ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ).**

H = 117.05 DF = 29 P = 0.000

**2.26. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar los valores de L\*.**

H = 87.63 DF = 29 P = 0.000

**2.27. Análisis estadístico ANVA para evaluar los valores de a\*.**

Fuente	DF	SS	MS	F	P
ACCESION	29	71.878	2.47856	77.90	0.000
Error	90	1.909	00.03182		
Total	119	73.787			

R-Sq = 97.41%

**2.28. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar los valores de b\*.**

Fuente	DF	SS	MS	F	P
ACCESION	29	1907.57	65.7784	1038.24	0.000
Error	90	3.80	0.0634		
Total	119	1911.38			

R-Sq = 99.80%

**2.29. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar los valores de C\*.**

H = 84.90 DF = 29 P = 0.000

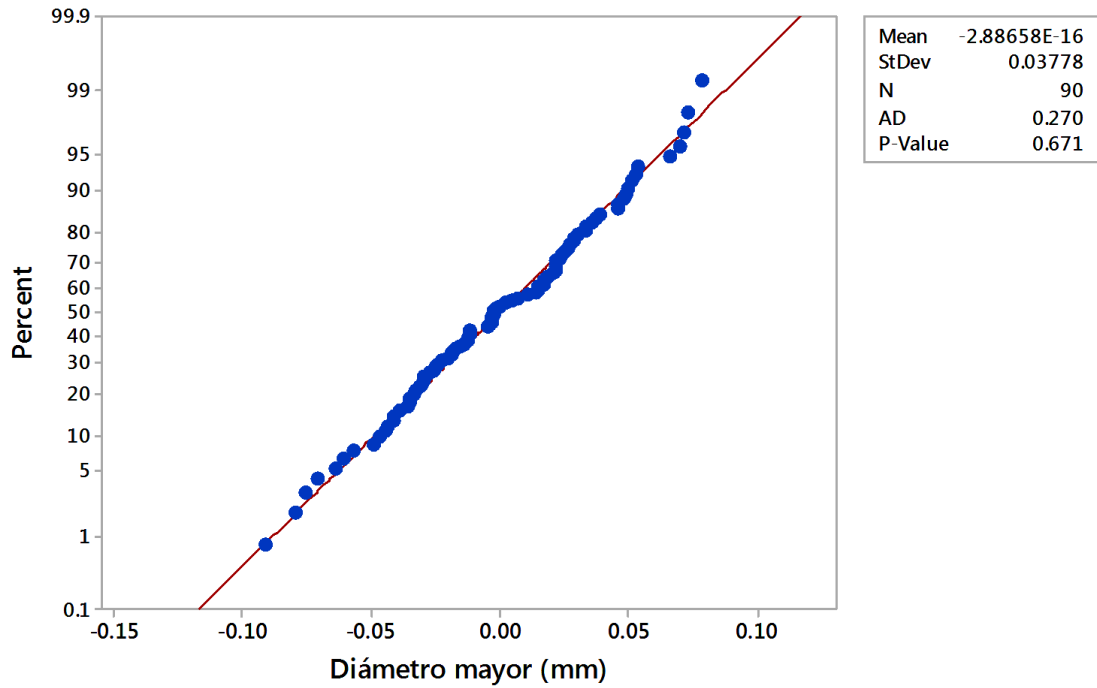
**2.30. Análisis estadístico Kruskal-Wallis para evaluar los valores de h.**

H = 84.79 DF = 29 P = 0.000

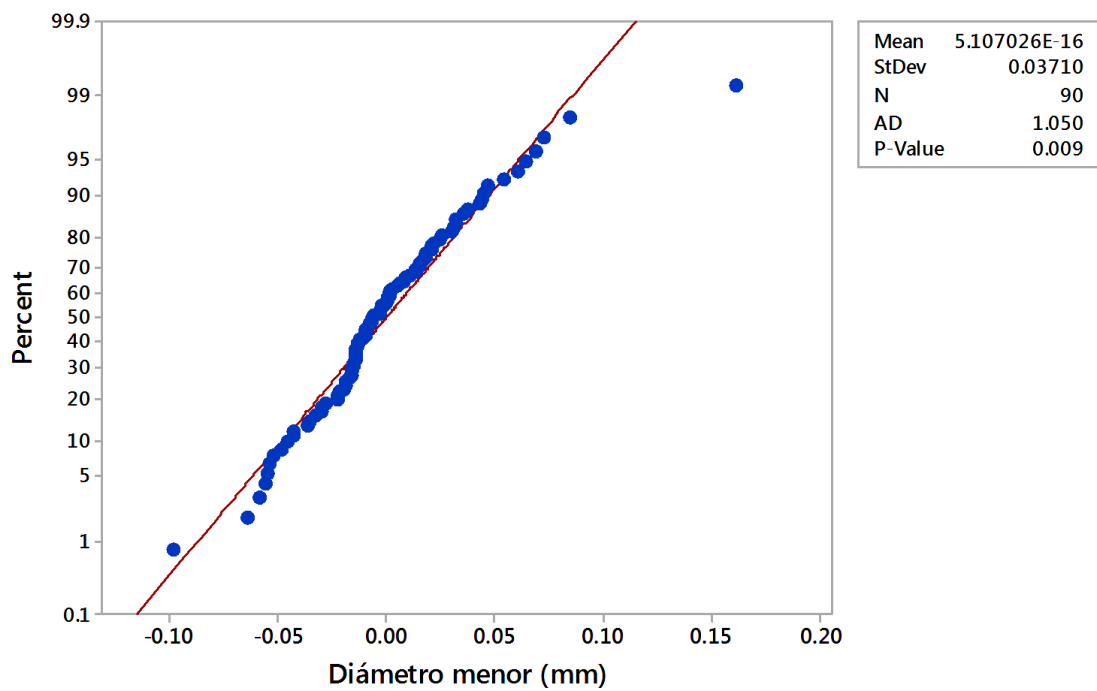
### Anexo 3. Análisis complementario al ANVA

#### 3.1. Análisis estadístico de normalidad de errores.

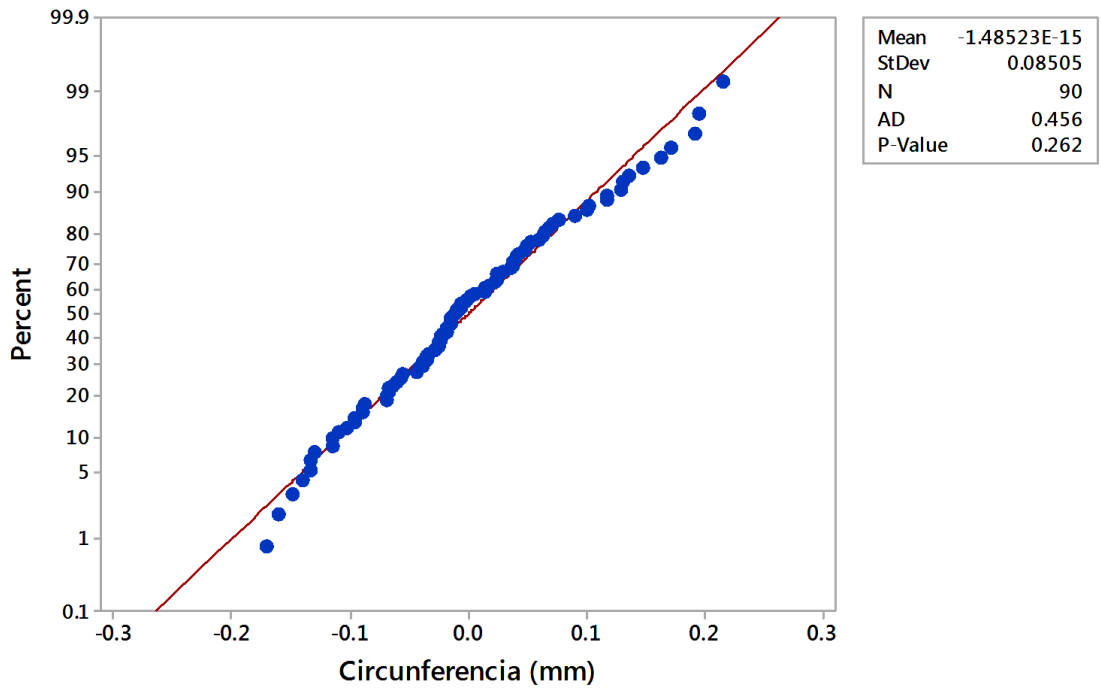
##### 3.1.1. Análisis estadístico de normalidad de errores del diámetro mayor (mm).



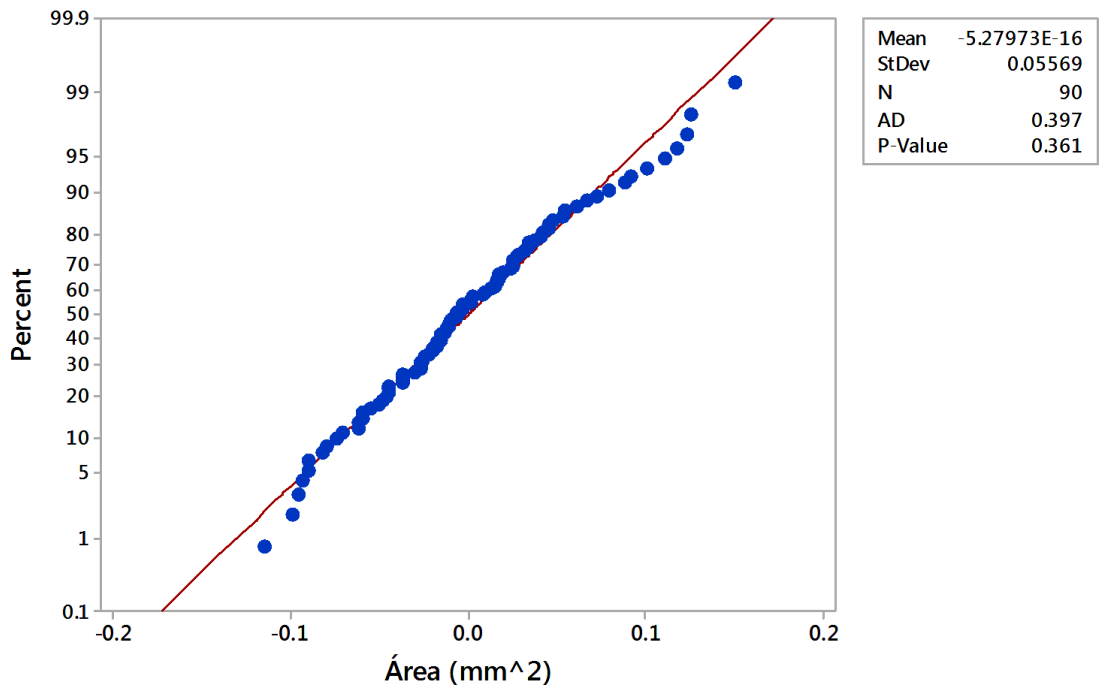
##### 3.1.2. Análisis estadístico de normalidad de errores del diámetro menor (mm).



### 3.1.3. Análisis estadístico de normalidad de errores de la circunferencia (mm).

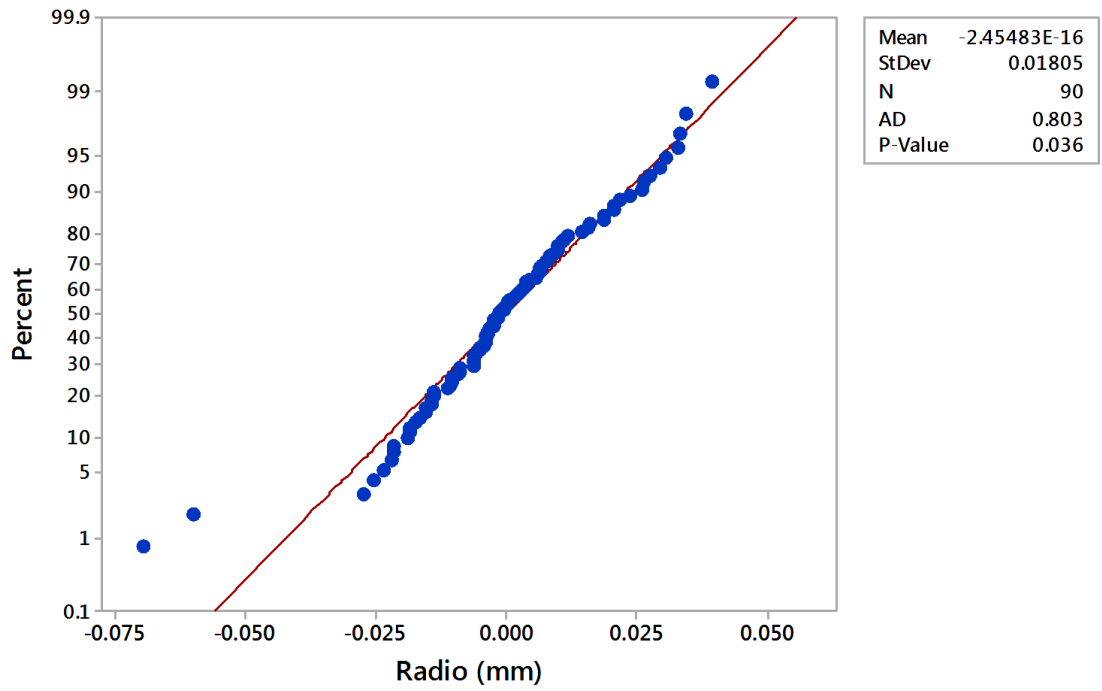


### 3.1.4. Análisis estadístico de normalidad de errores del área (mm<sup>2</sup>).

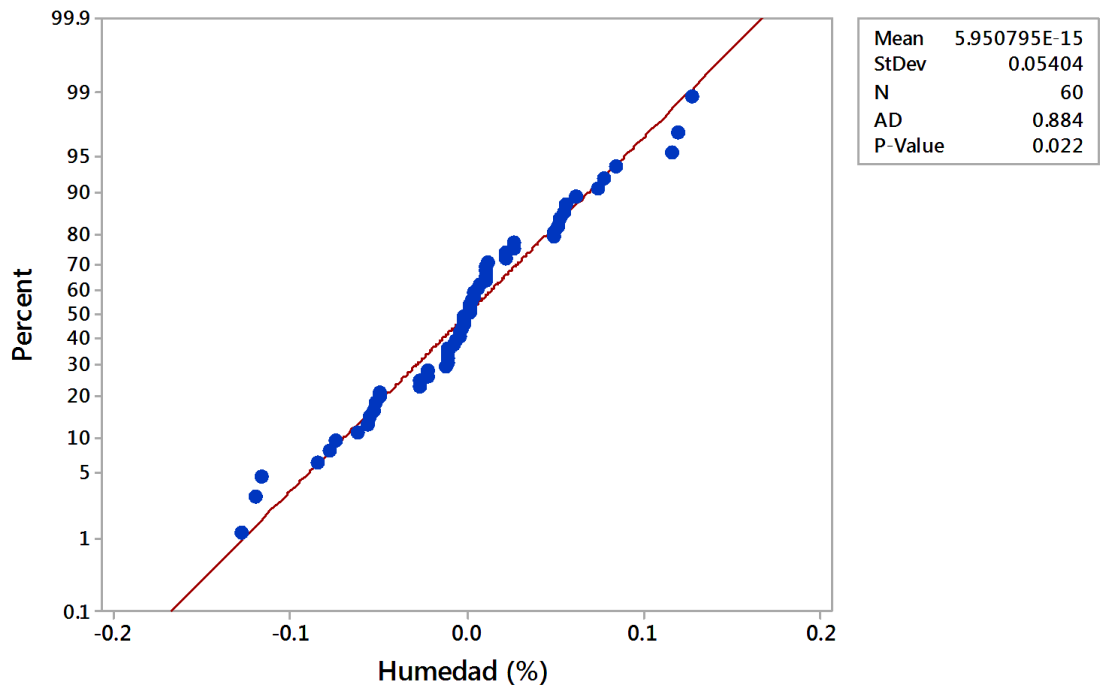




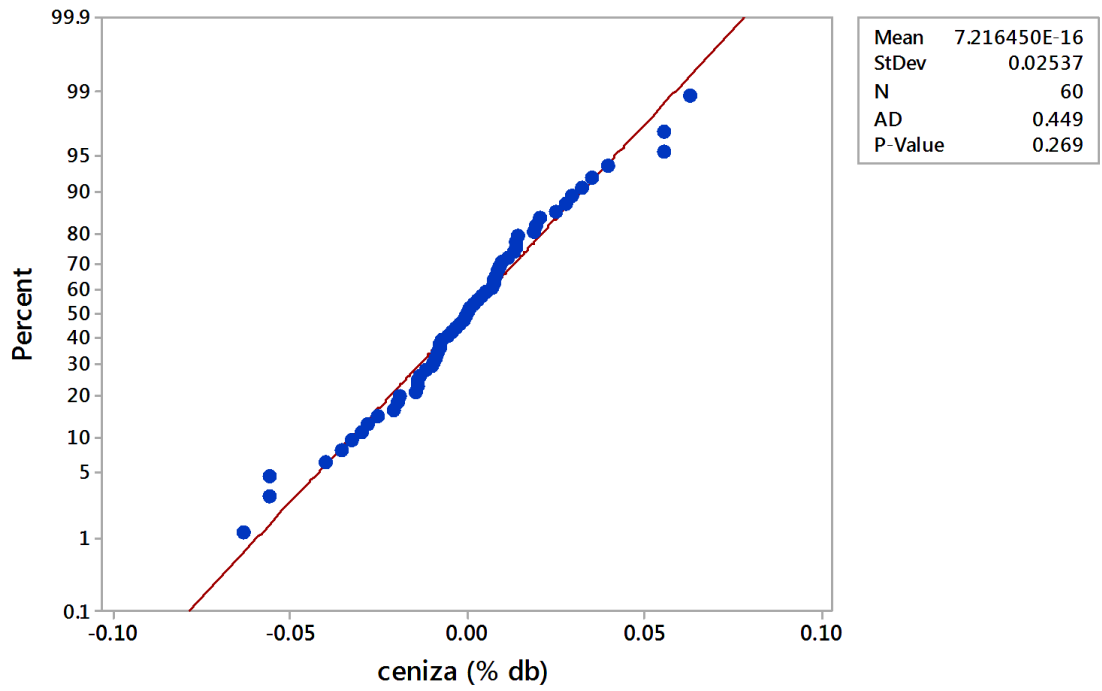
### 3.1.5. Análisis estadístico de normalidad de errores del radio (mm).



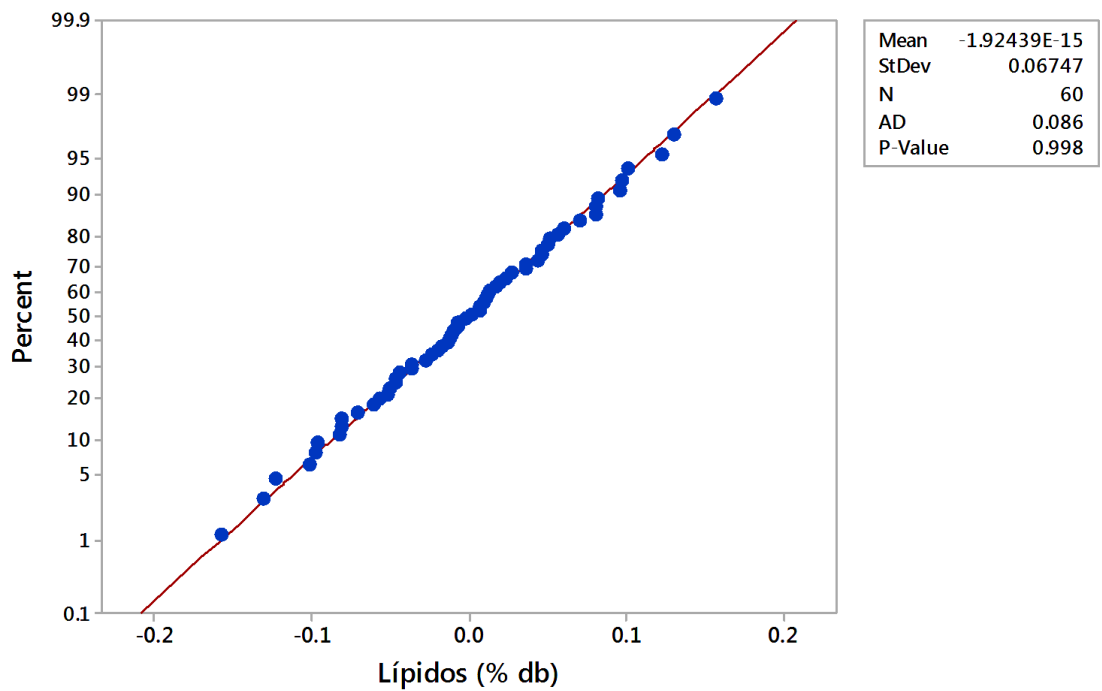
### 3.1.6. Análisis estadístico de normalidad de errores del contenido de humedad (%).



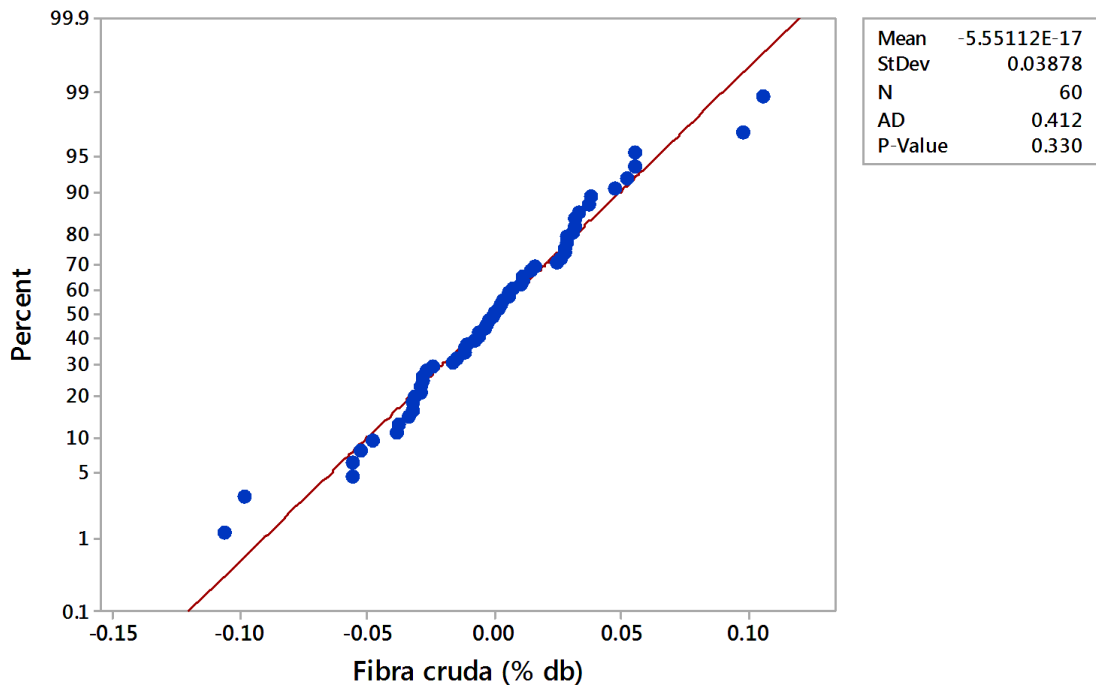
### 3.1.7. Análisis estadístico de normalidad de errores del contenido de ceniza (% db).



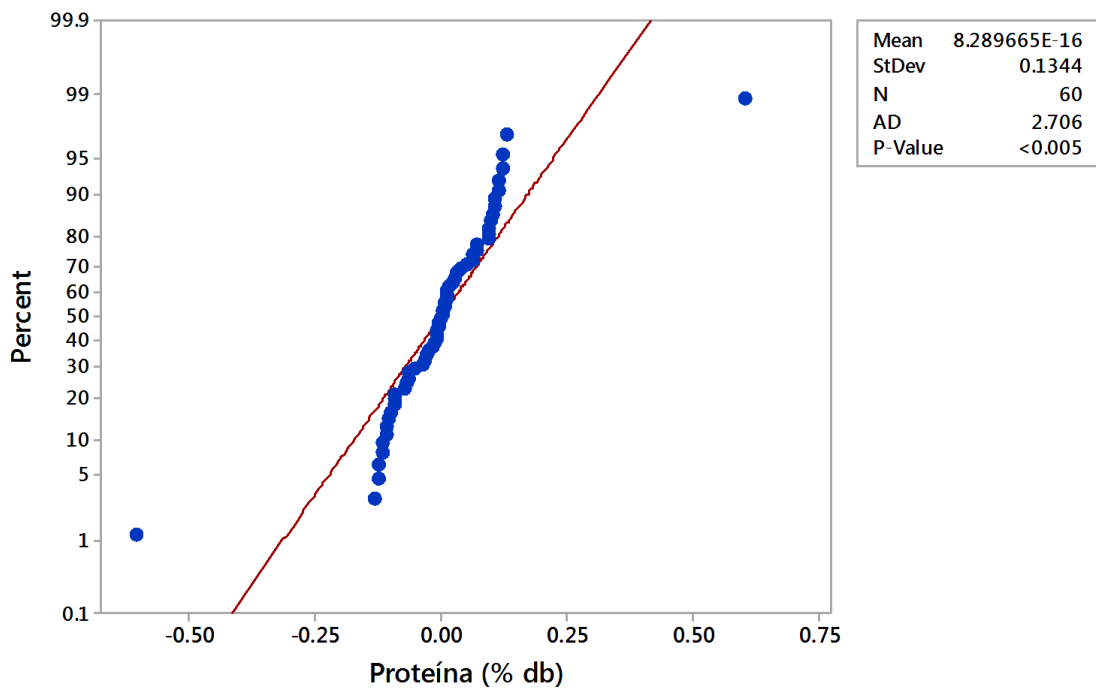
### 3.1.8. Análisis estadístico de normalidad de errores del contenido de lípidos (% db).



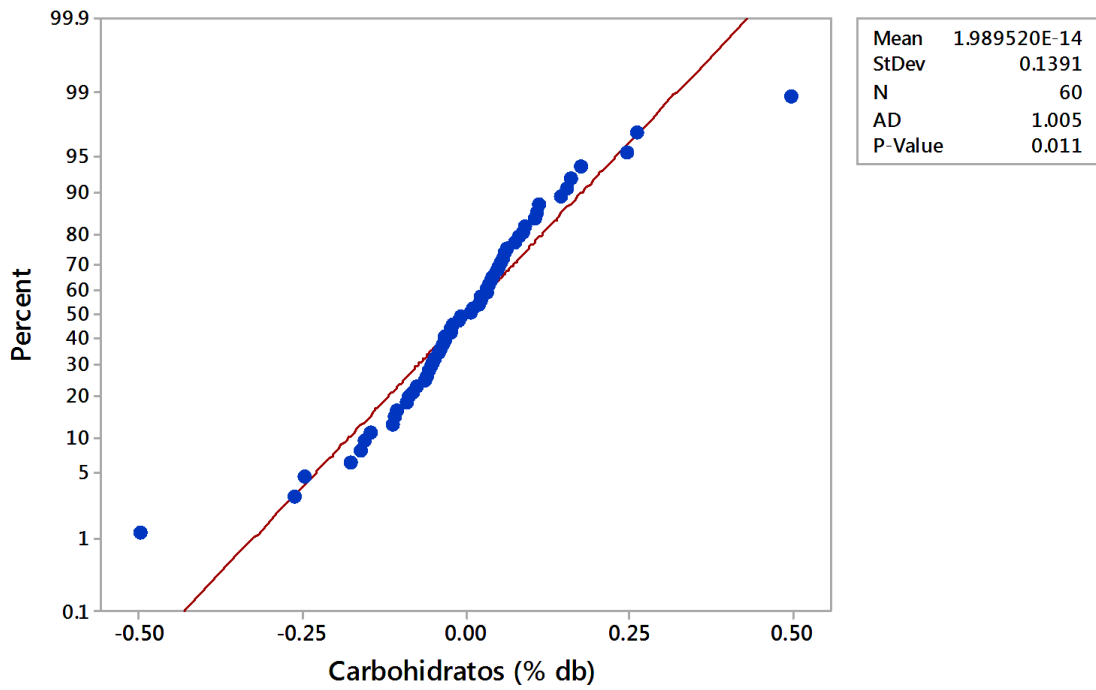
**3.1.9. Análisis estadístico de normalidad de errores del contenido de fibra cruda (% db).**



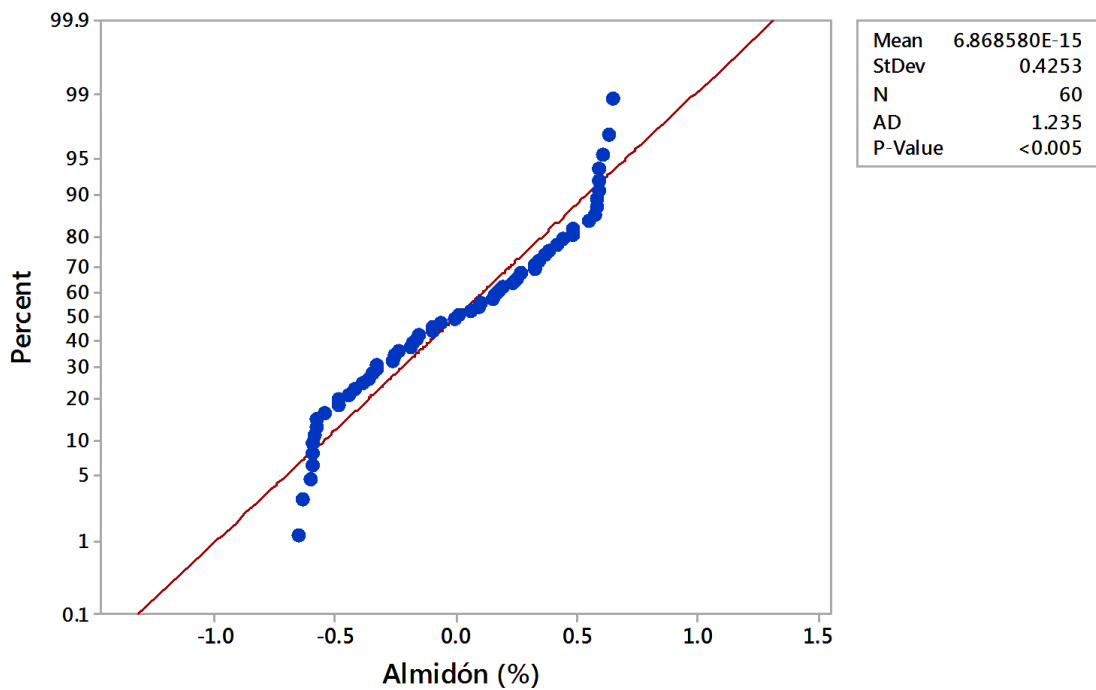
**3.1.10. Análisis estadístico de normalidad de errores del contenido de proteína (% db).**



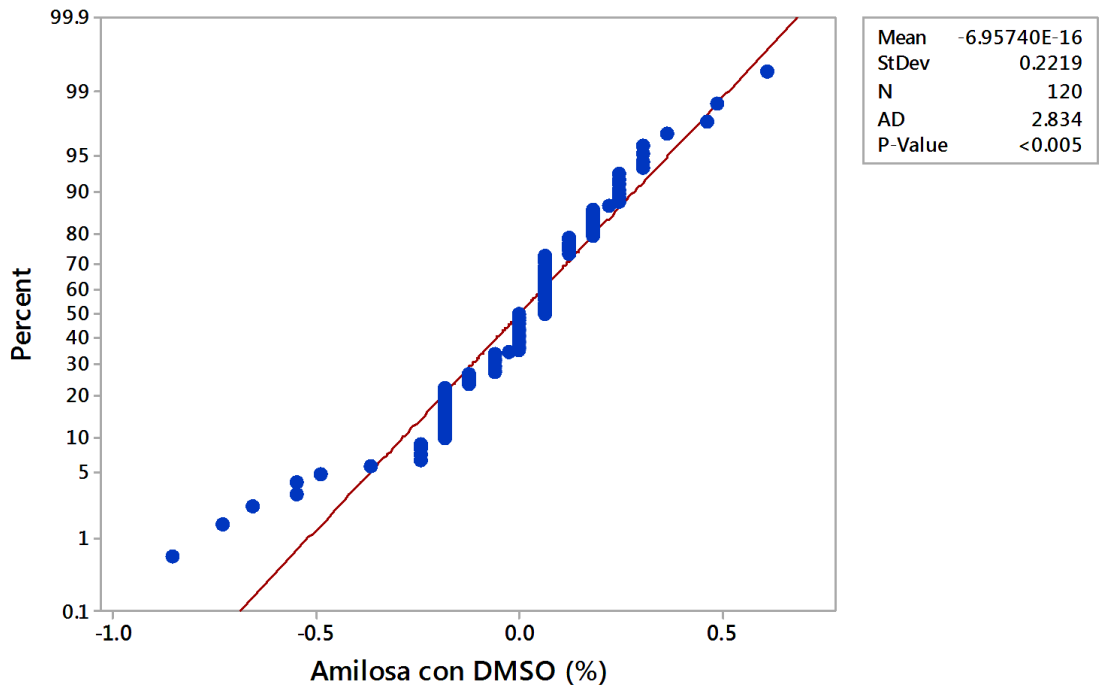
**3.1.11. Análisis estadístico de normalidad de errores del contenido de carbohidratos (% db).**



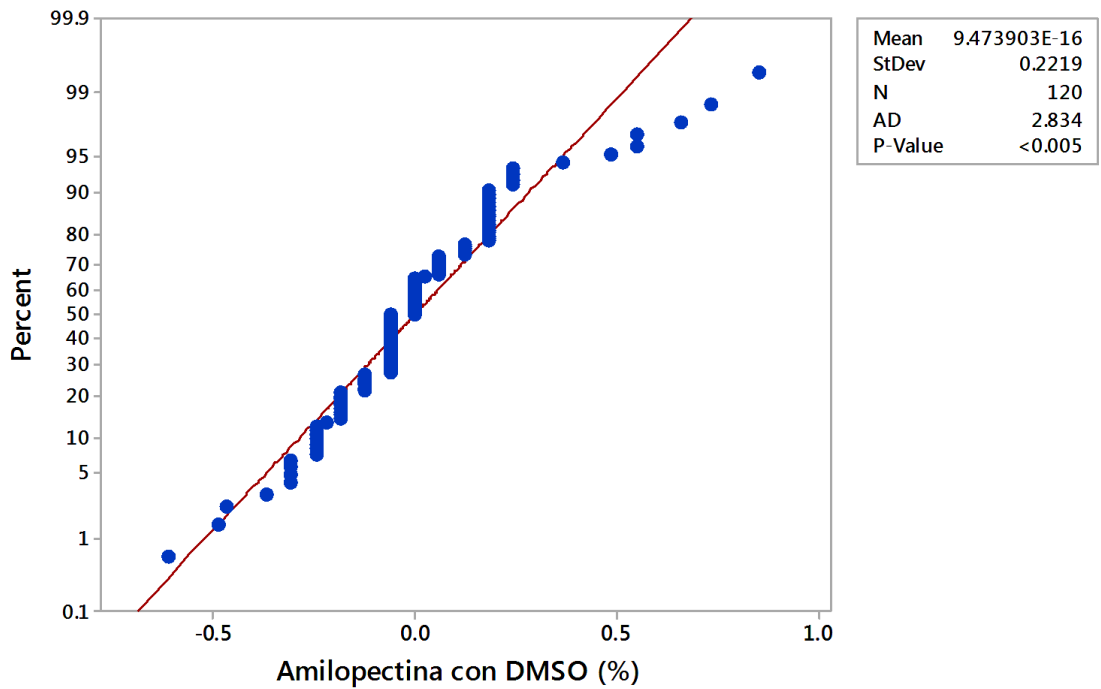
**3.1.12. Análisis estadístico de normalidad de errores del el almidón (%).**



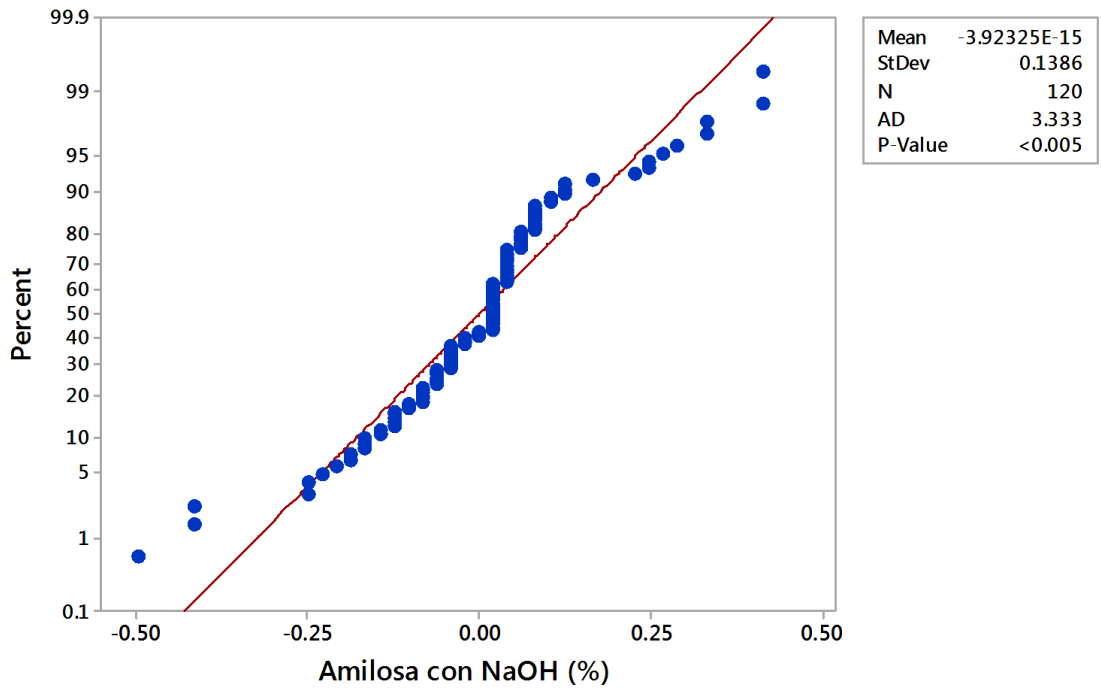
**3.1.13. Análisis estadístico de normalidad de errores de amilosa con DMSO (%).**



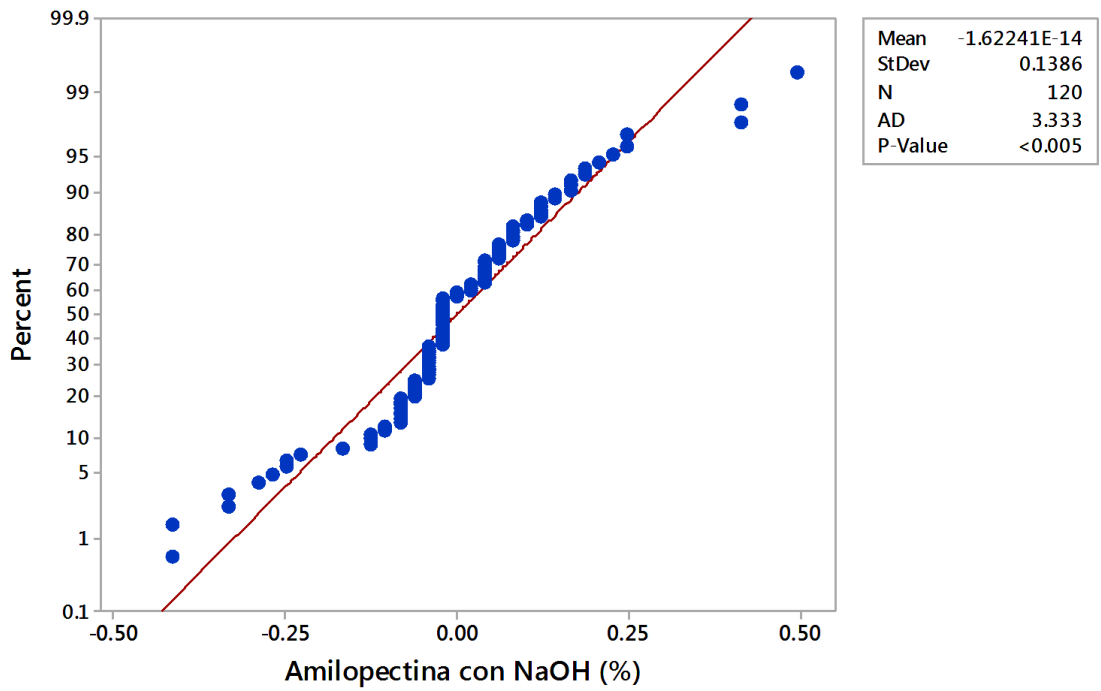
**3.1.14. Análisis estadístico de normalidad de errores de amilopectina con DMSO (%).**



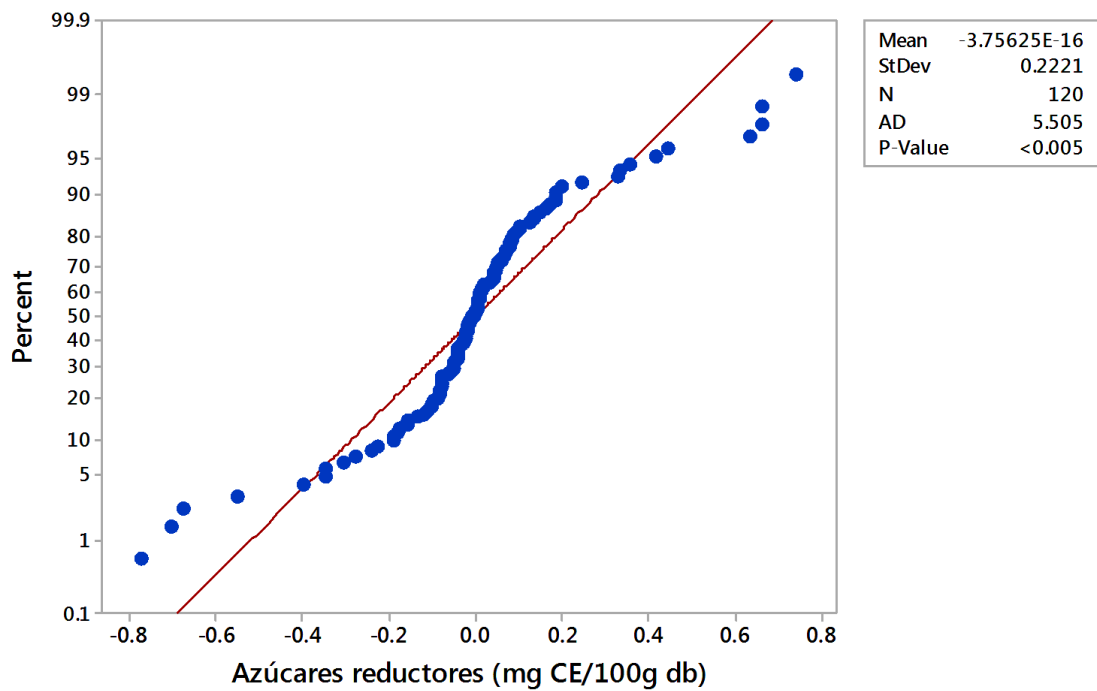
**3.1.15. Análisis estadístico de normalidad de errores de amilosa con NaOH (%).**



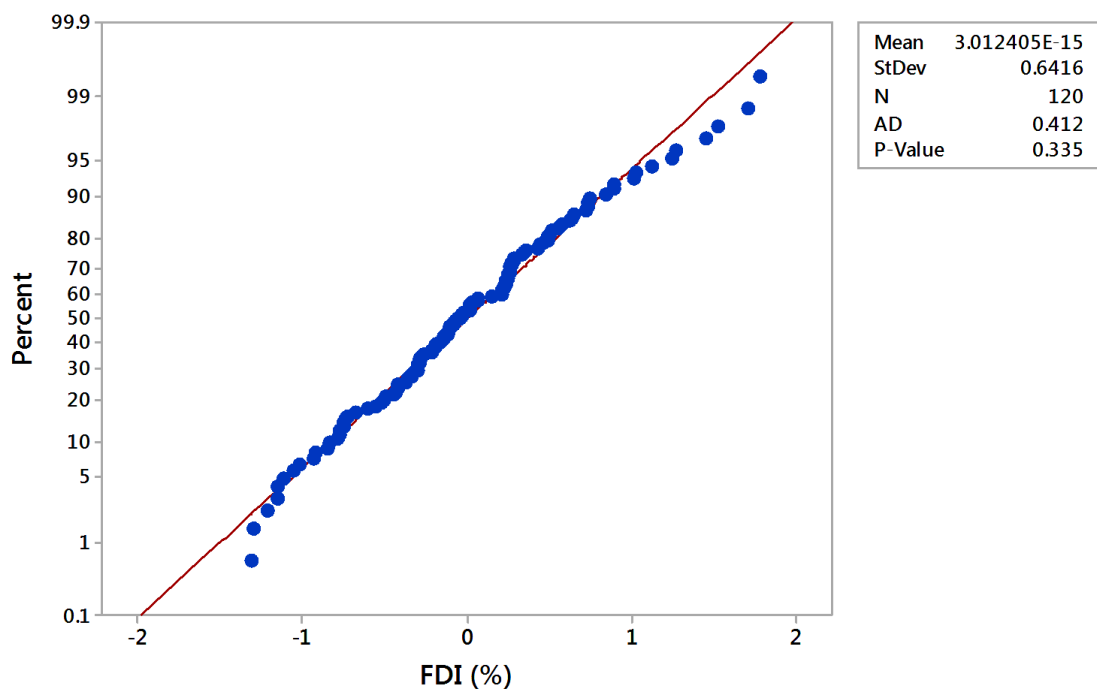
**3.1.16. Análisis estadístico de normalidad de errores de amilopectina con NaOH (%).**



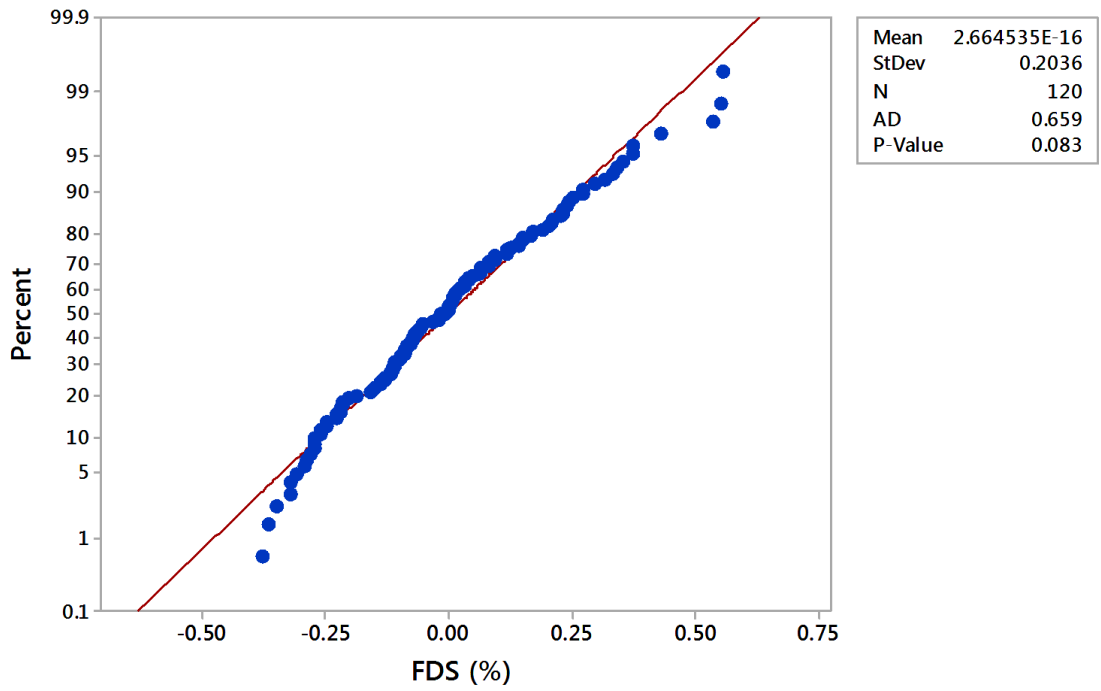
**3.1.17. Análisis estadístico de normalidad de errores de azúcares reductores (g de glucosa/100g db).**



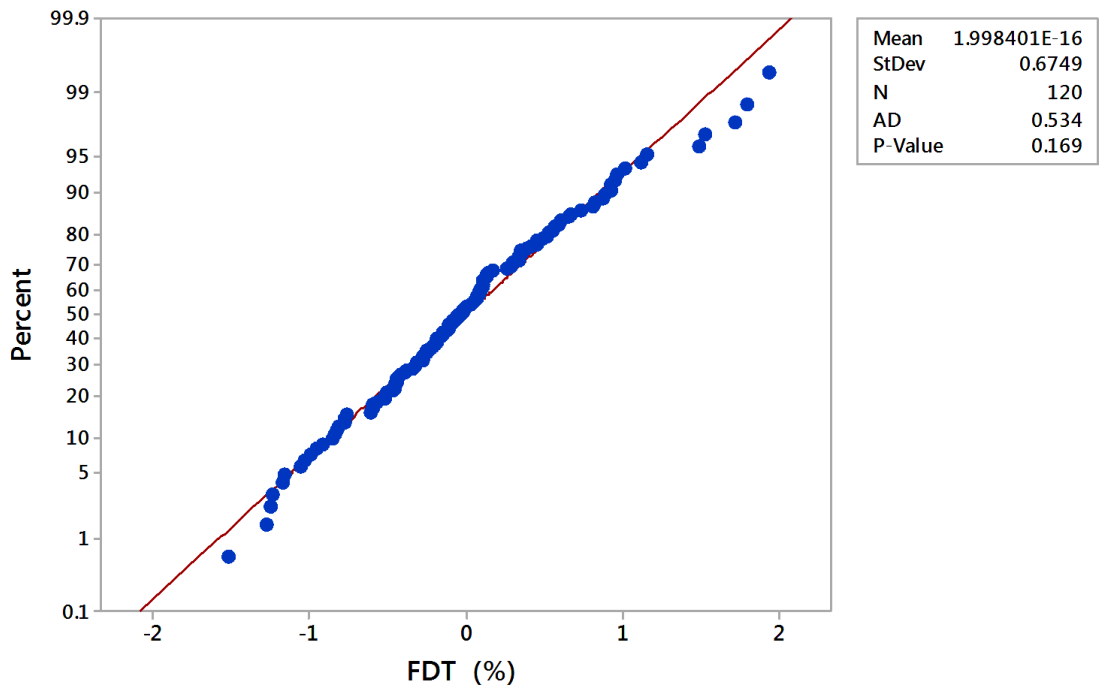
**3.1.18. Análisis estadístico de normalidad de errores de FDI (%).**



### 3.1.19. Análisis estadístico de normalidad de errores de FDS (%).

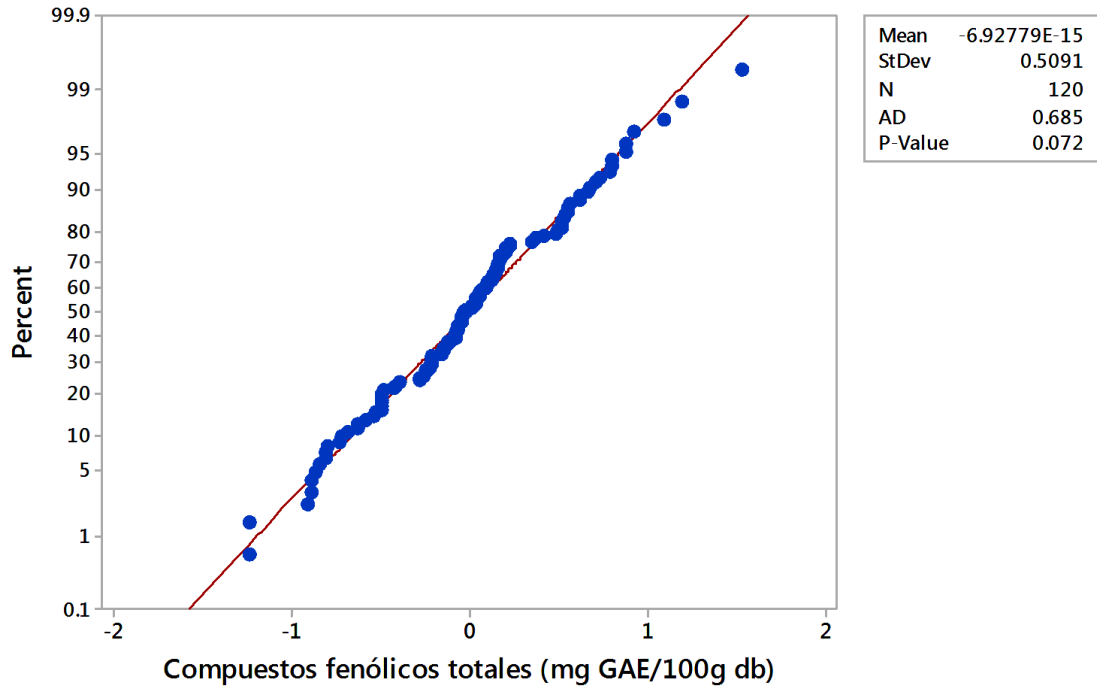


### 3.1.20. Análisis estadístico de normalidad de errores de FDT (%).

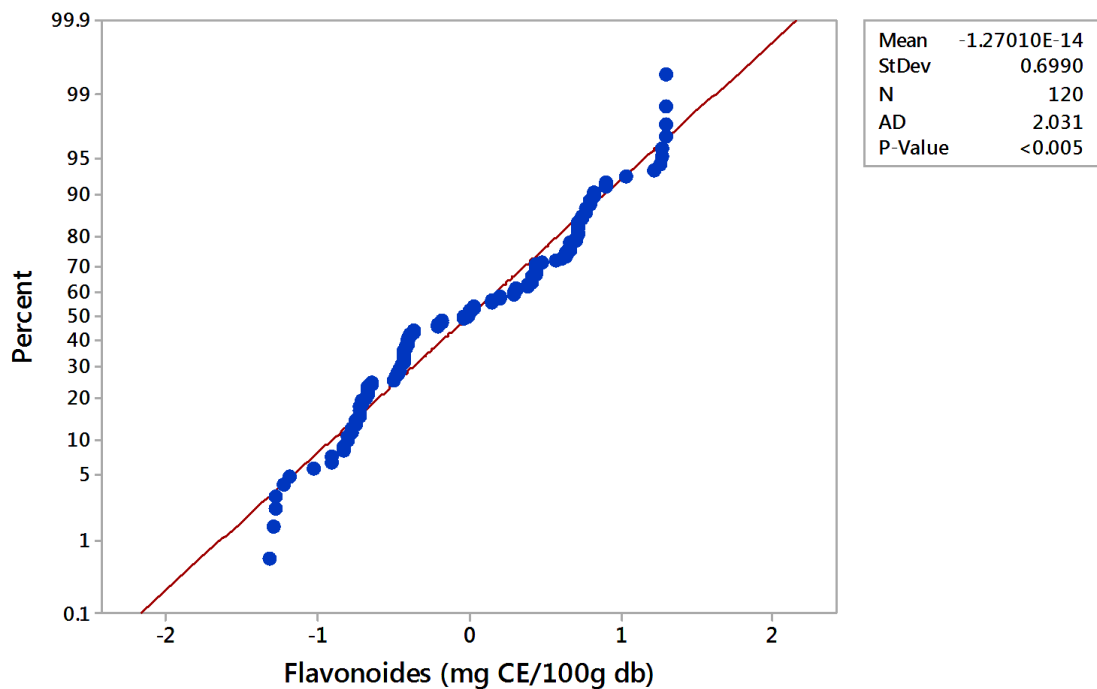




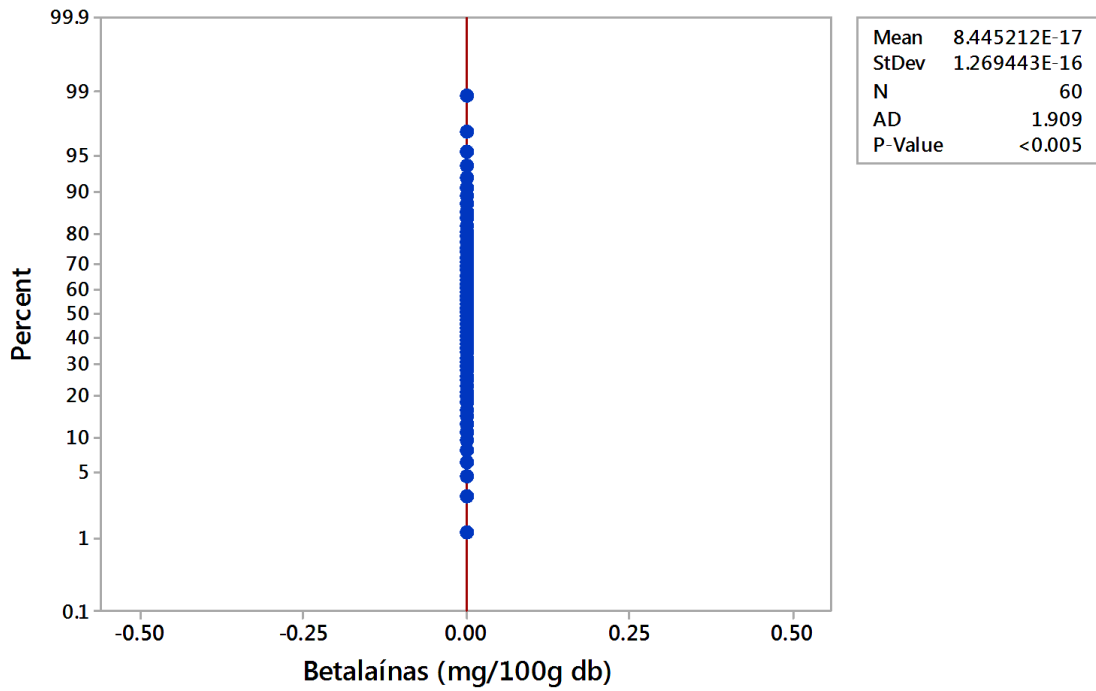
**3.1.21. Análisis estadístico de normalidad de errores de los fenólicos totales (mg GAE/100g db).**



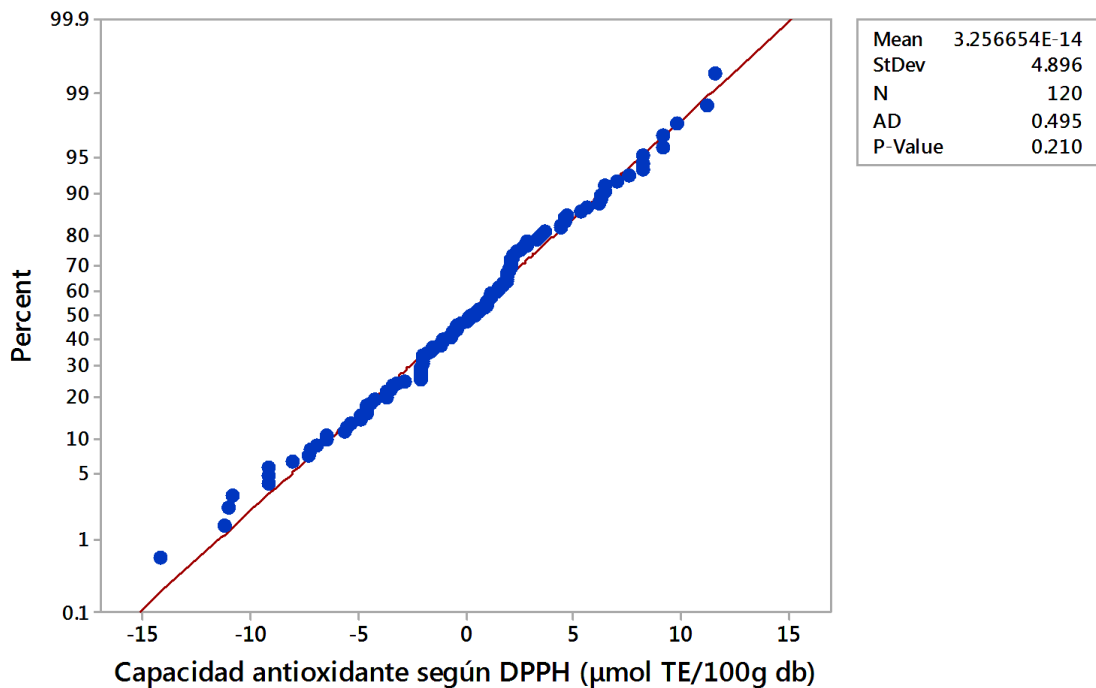
**3.1.22. Análisis estadístico de normalidad de errores de los flavonoides (mg CE/100g db).**



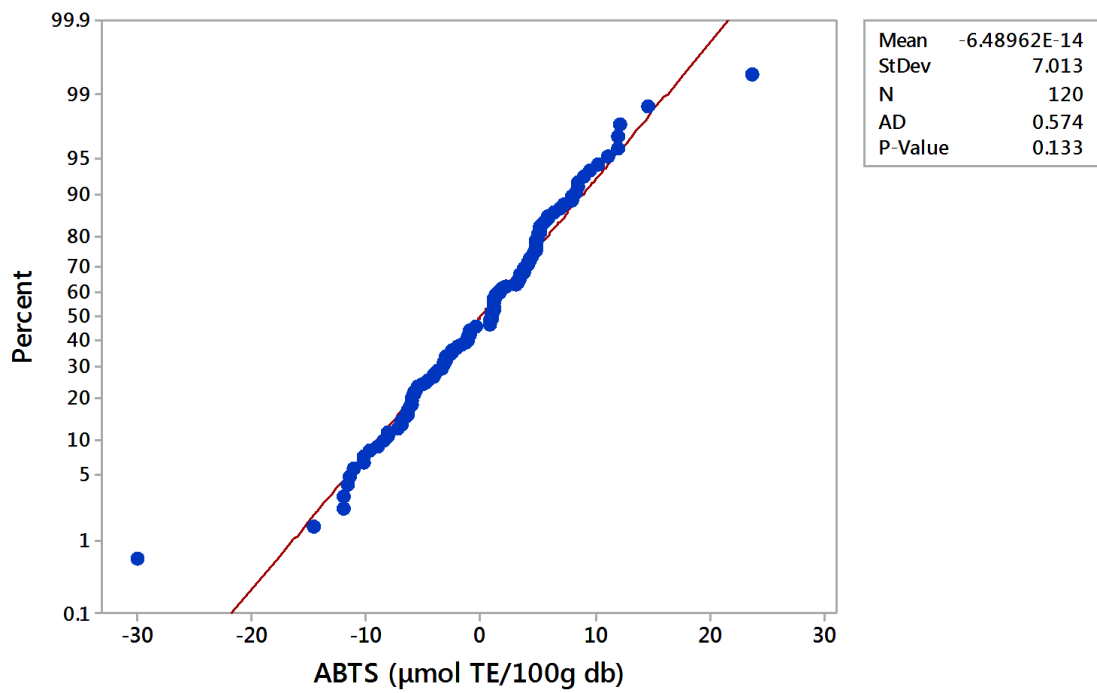
**3.1.23. Análisis estadístico de normalidad de errores de betalainas (mg/100g db).**



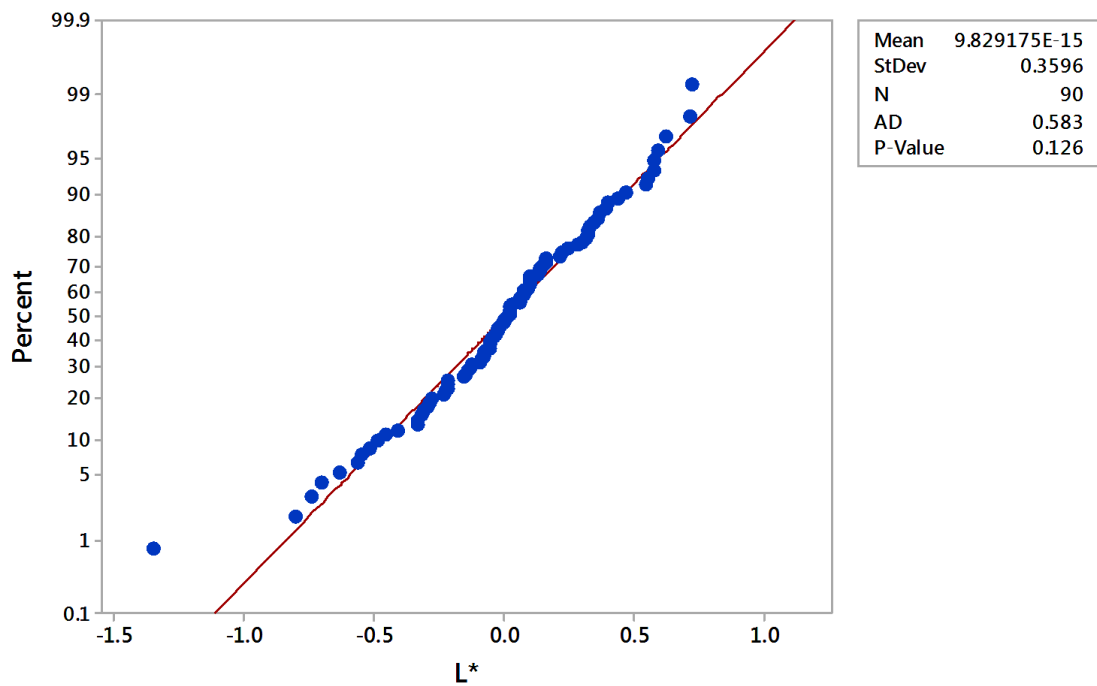
**3.1.24. Análisis estadístico de normalidad de errores de la capacidad antioxidante según DPPH ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ).**



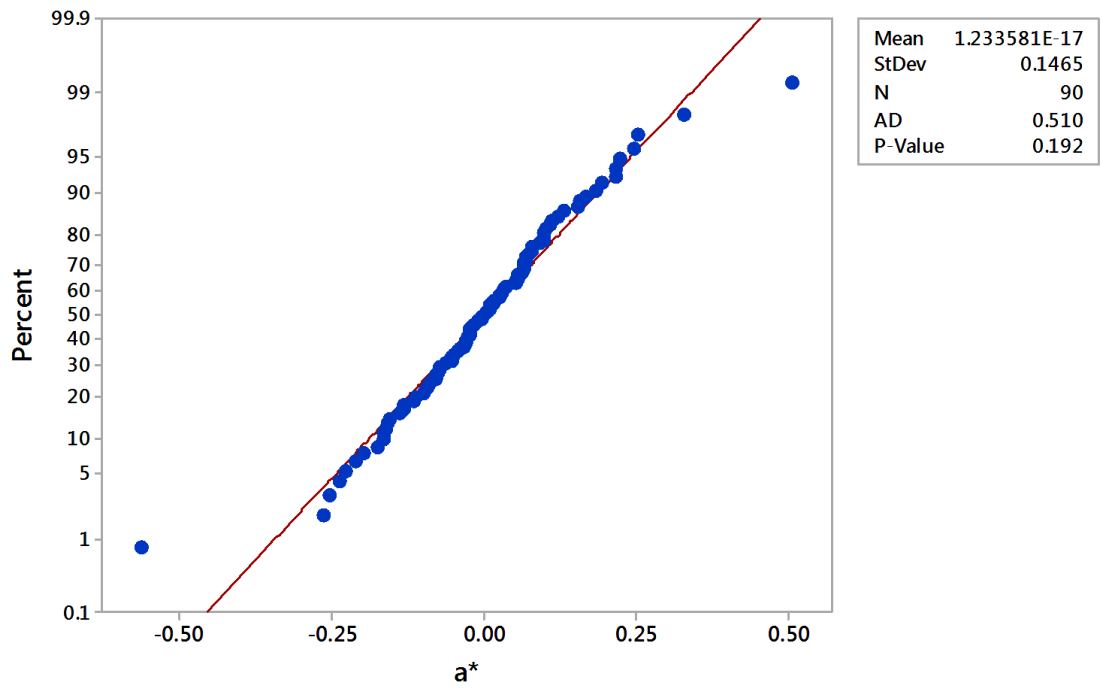
**3.1.25. Análisis estadístico de normalidad de errores de la capacidad antioxidante según ABTS ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ).**



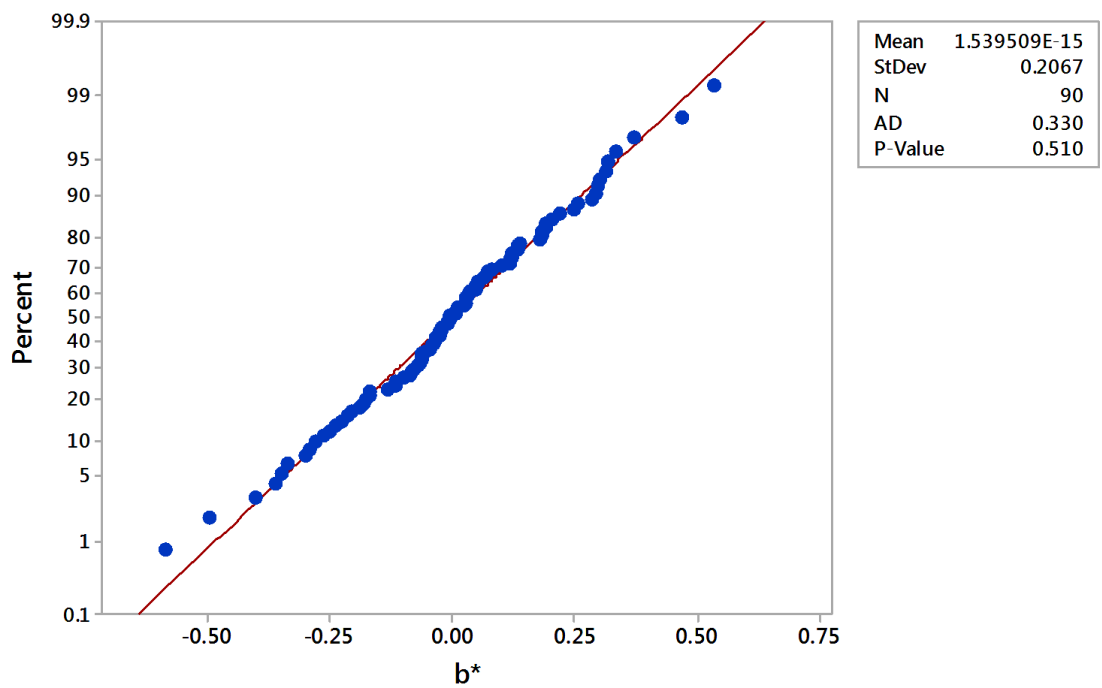
**3.1.26. Análisis estadístico de normalidad de errores de  $L^*$  de las semillas de kiwicha.**



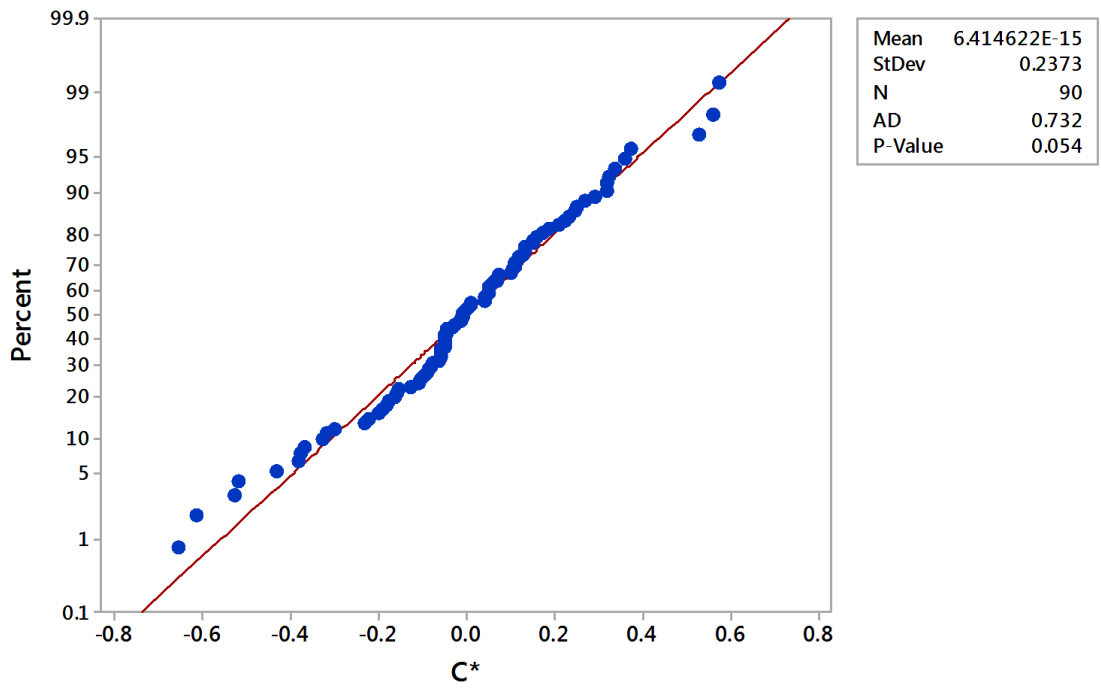
### 3.1.27. Análisis estadístico de normalidad de errores de $a^*$ .



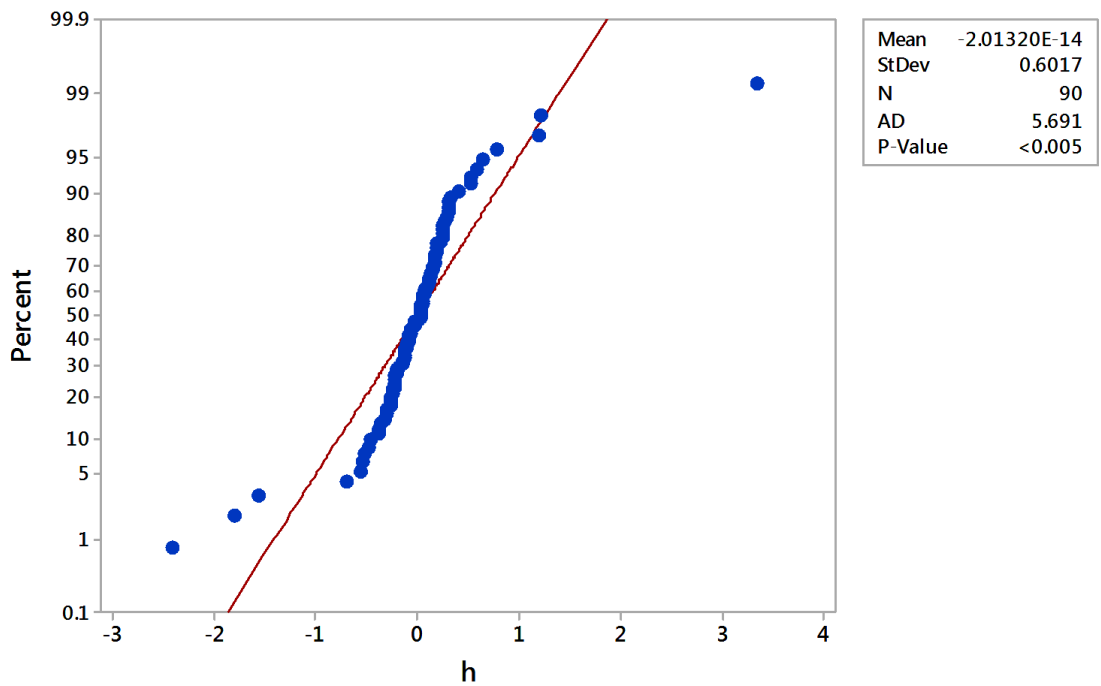
### 3.1.28. Análisis estadístico de normalidad de errores de $b^*$ .



### 3.1.29. Análisis estadístico de normalidad de errores de C\*.

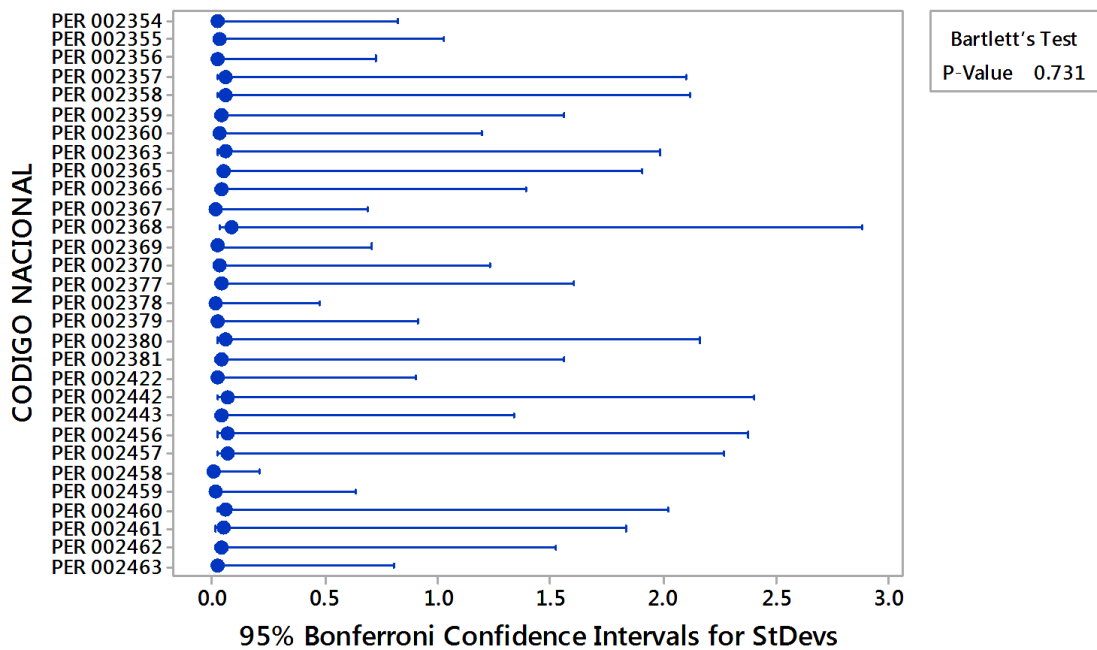


### 3.1.30. Análisis estadístico de normalidad de errores de h.

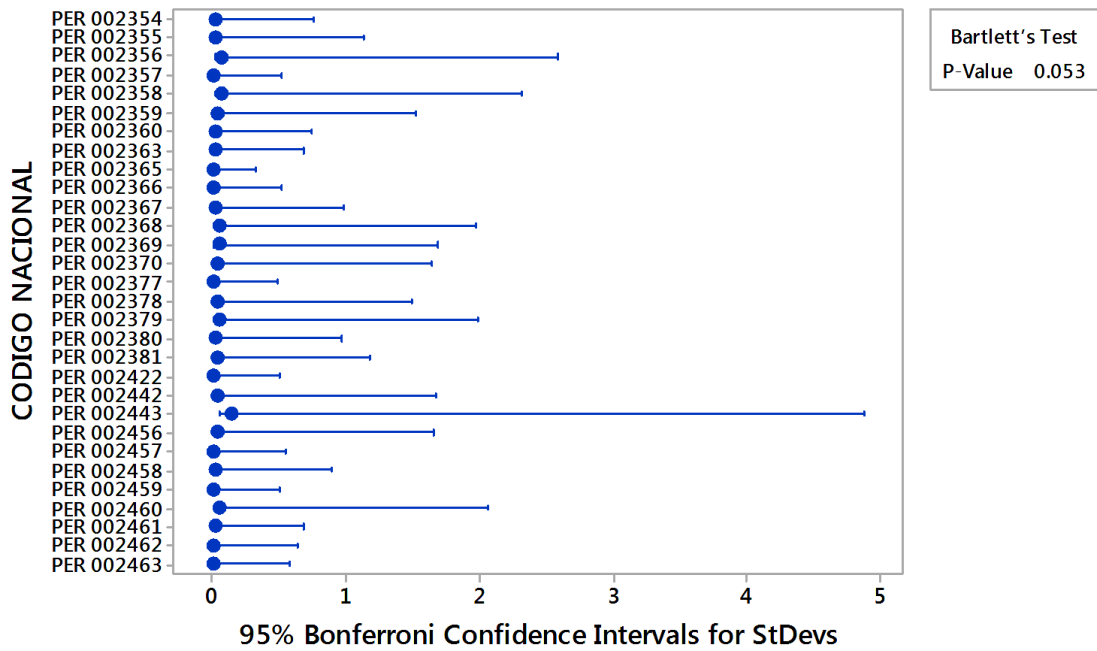


### 3.2. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas.

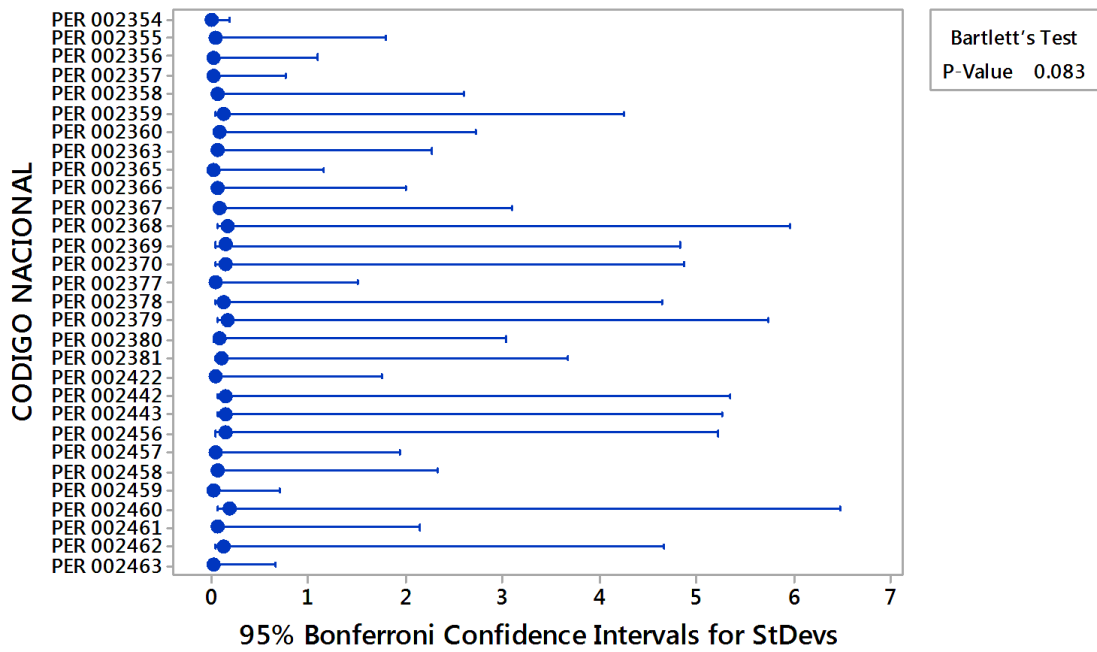
#### 3.2.1. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas del diámetro mayor (mm).



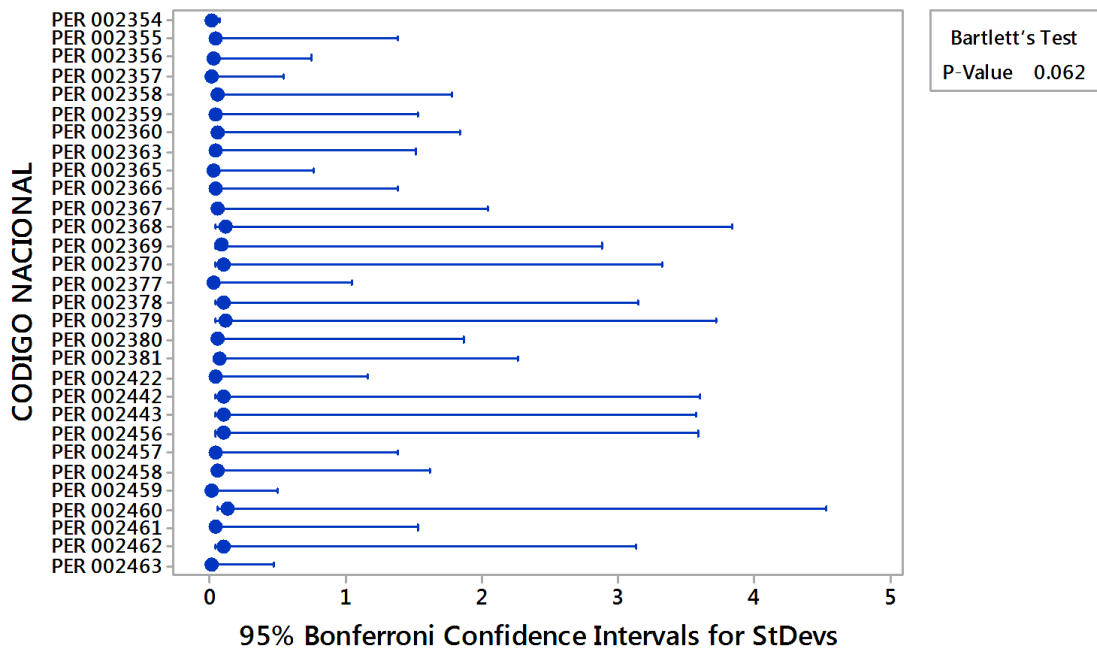
#### 3.2.2. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas del diámetro menor (mm).



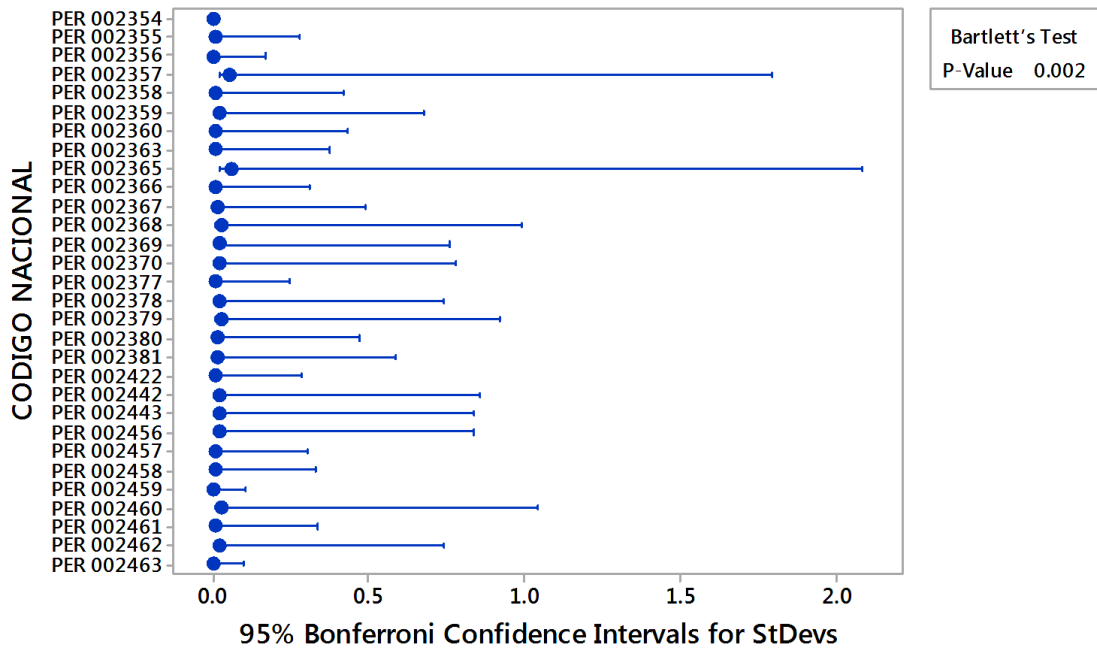
### 3.2.3. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de la circunferencia (mm).



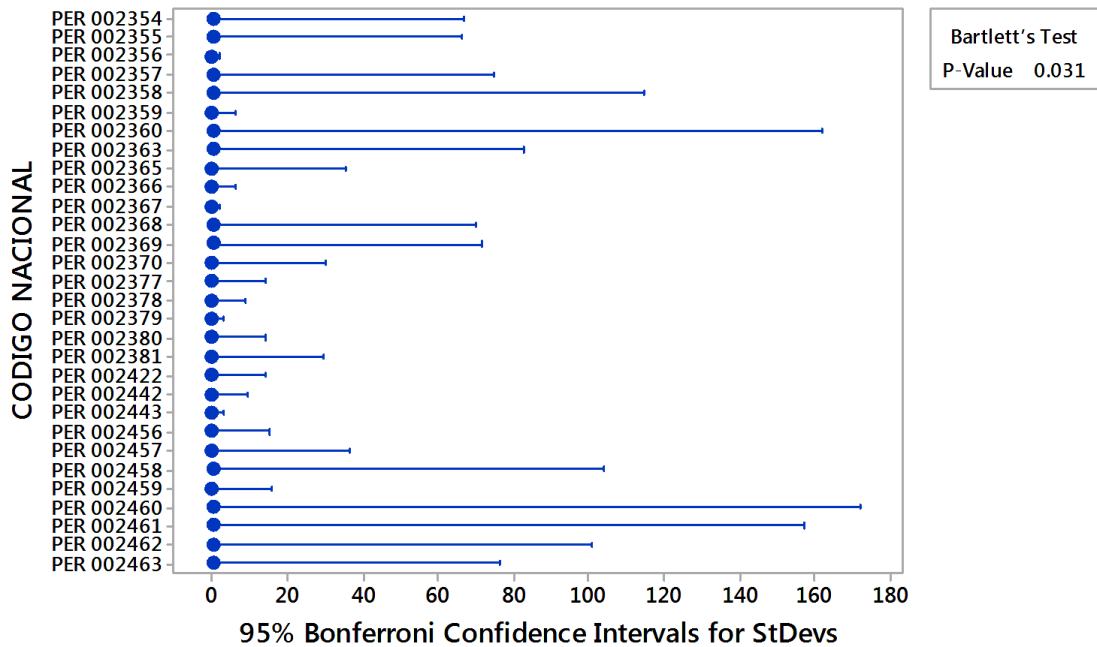
### 3.2.4. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas del área (mm<sup>2</sup>).



**3.2.5. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas del radio (mm).**

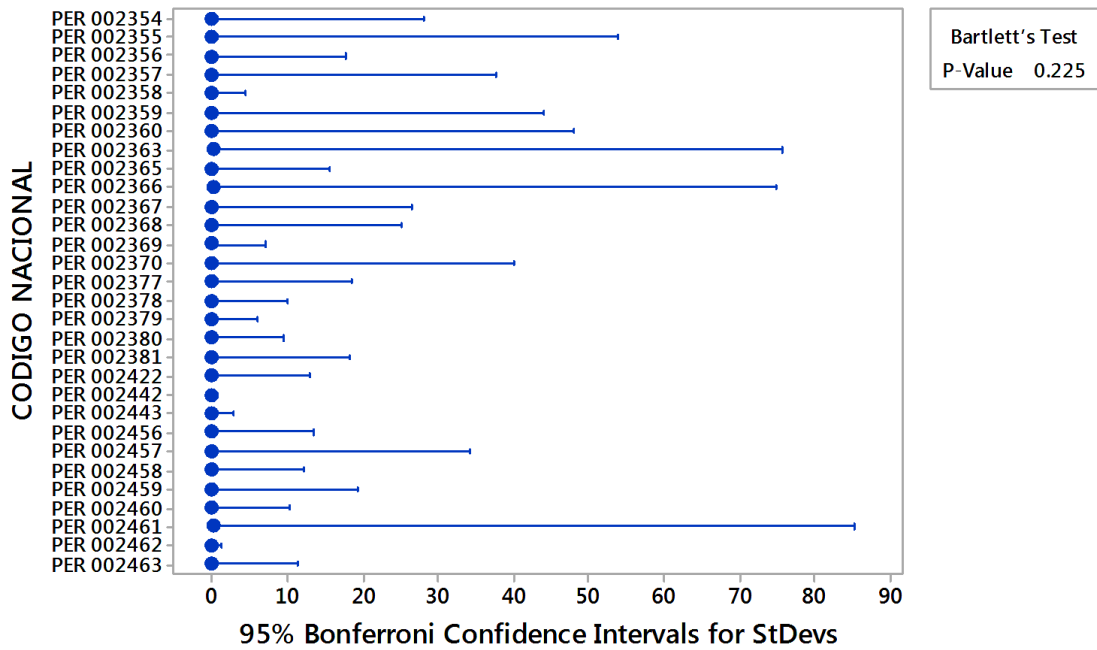


**3.2.6. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas del contenido de humedad (%).**

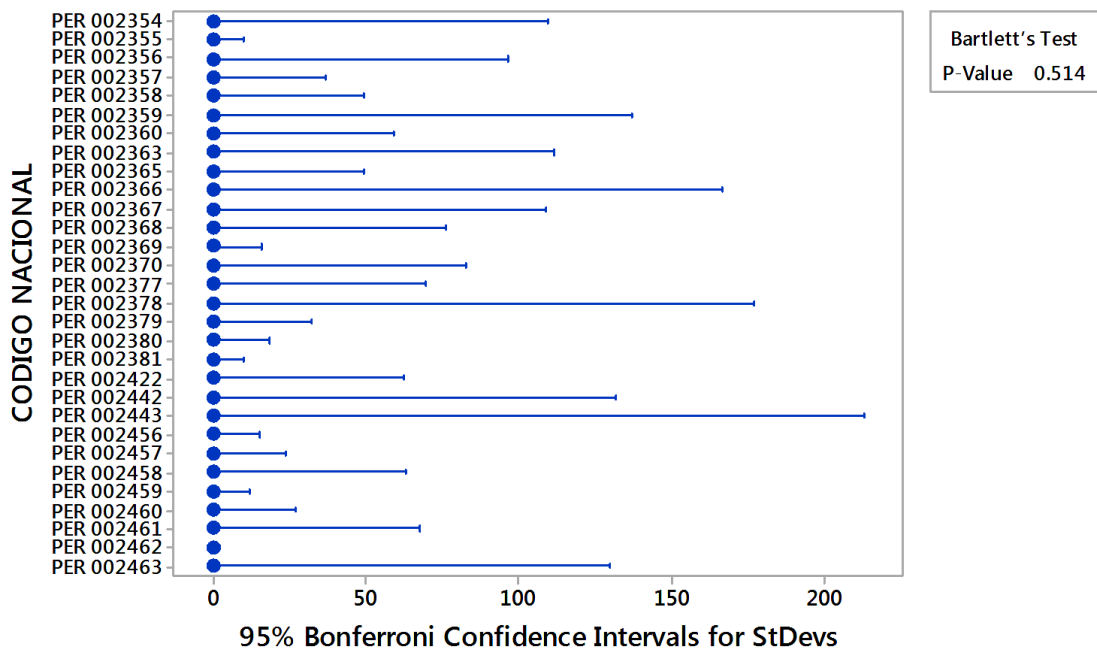




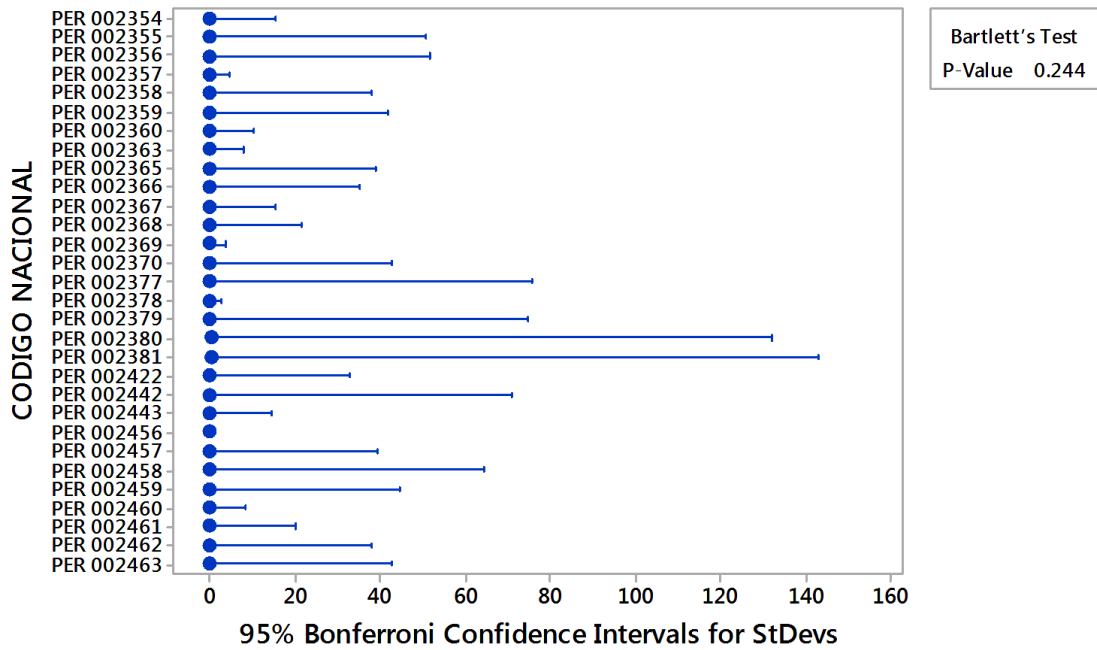
**3.2.7. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas del contenido de ceniza (% db).**



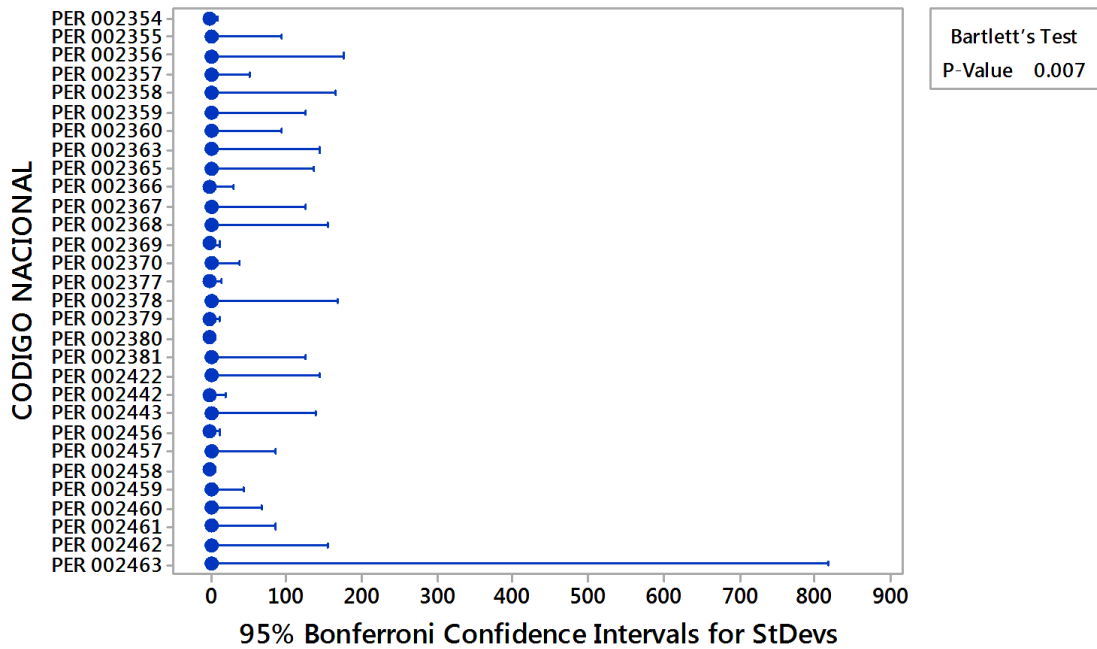
**3.2.8. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas del contenido de lípidos (% db).**



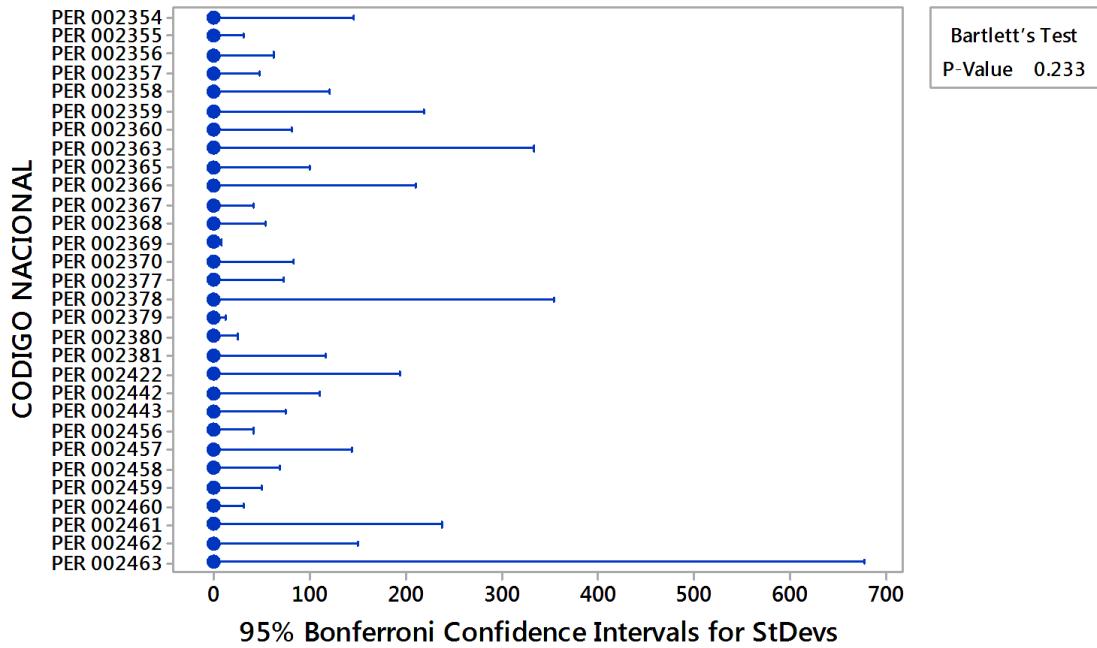
**3.2.9. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de la fibra cruda (% db).**



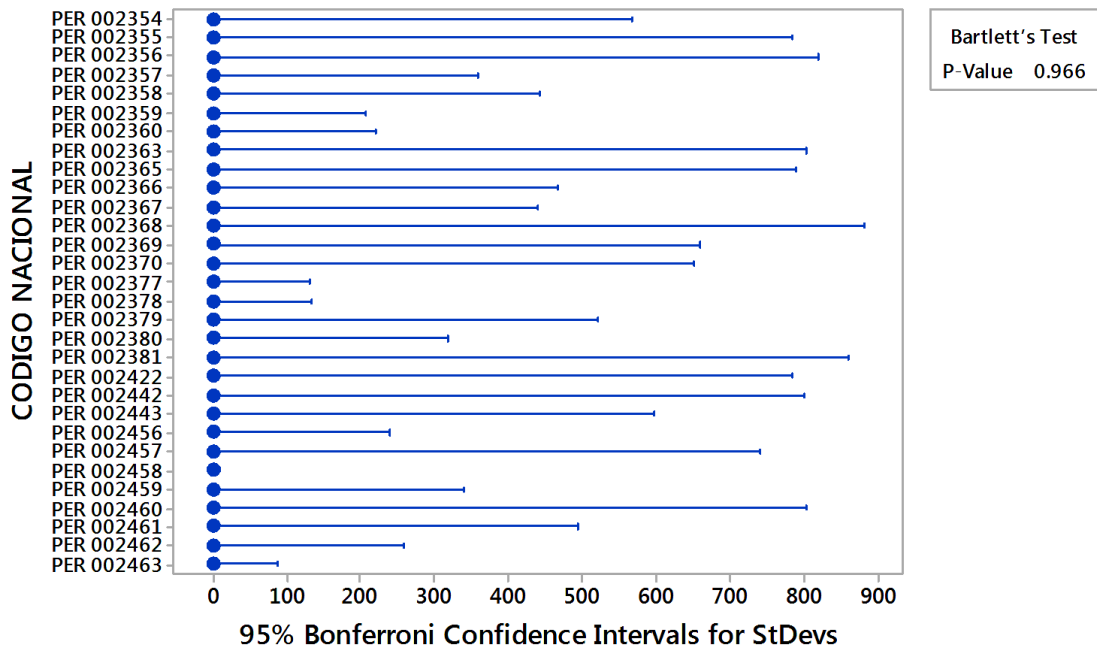
**3.2.10. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de la proteína (% db).**



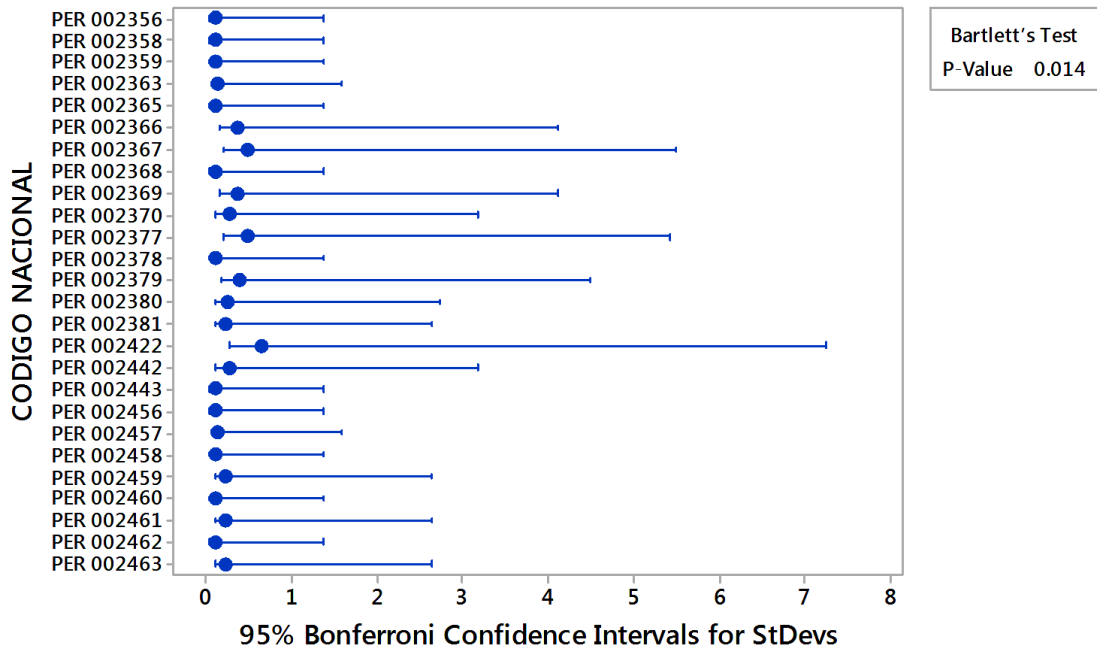
**3.2.11. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de los carbohidratos (% db).**



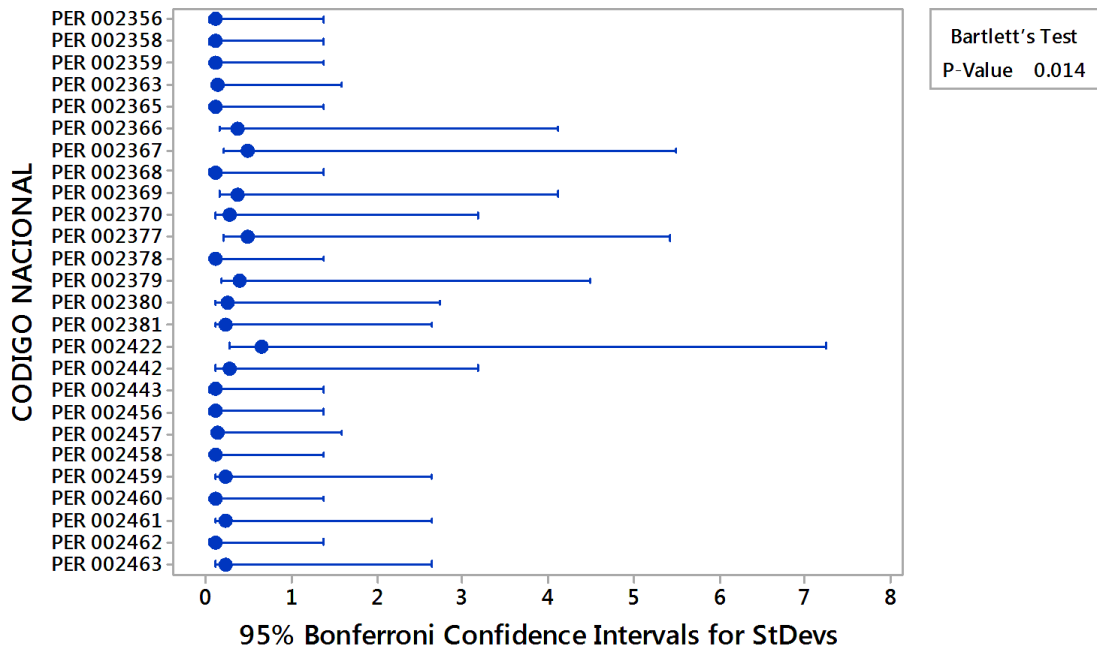
**3.2.12. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas del almidón (%).**



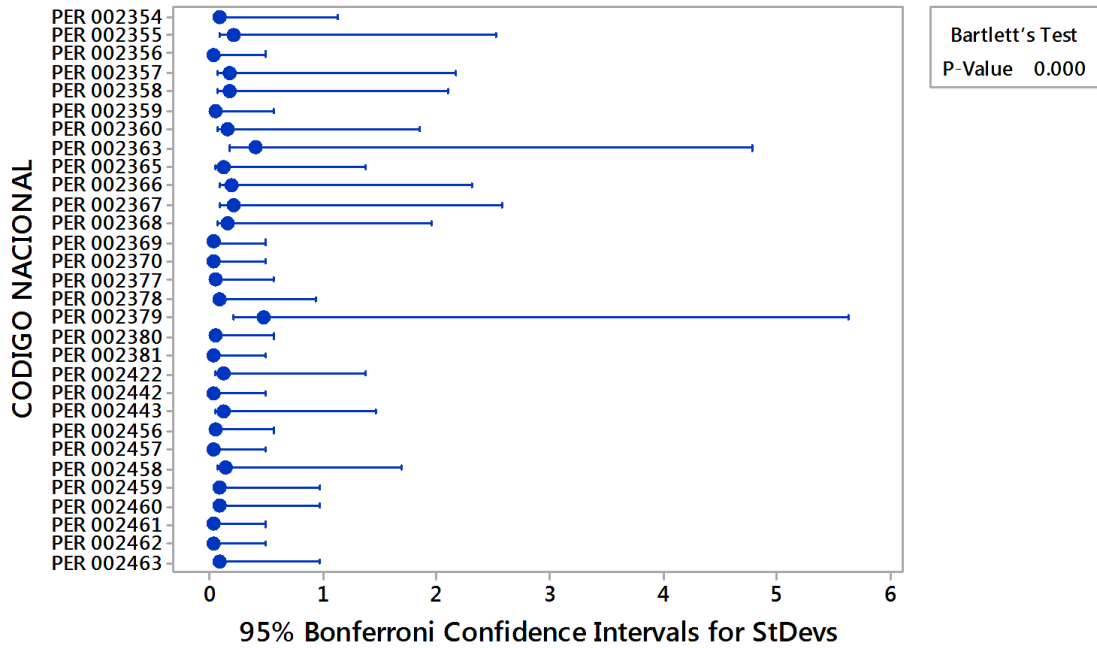
**3.2.13. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de amilosa con DMSO (%).**



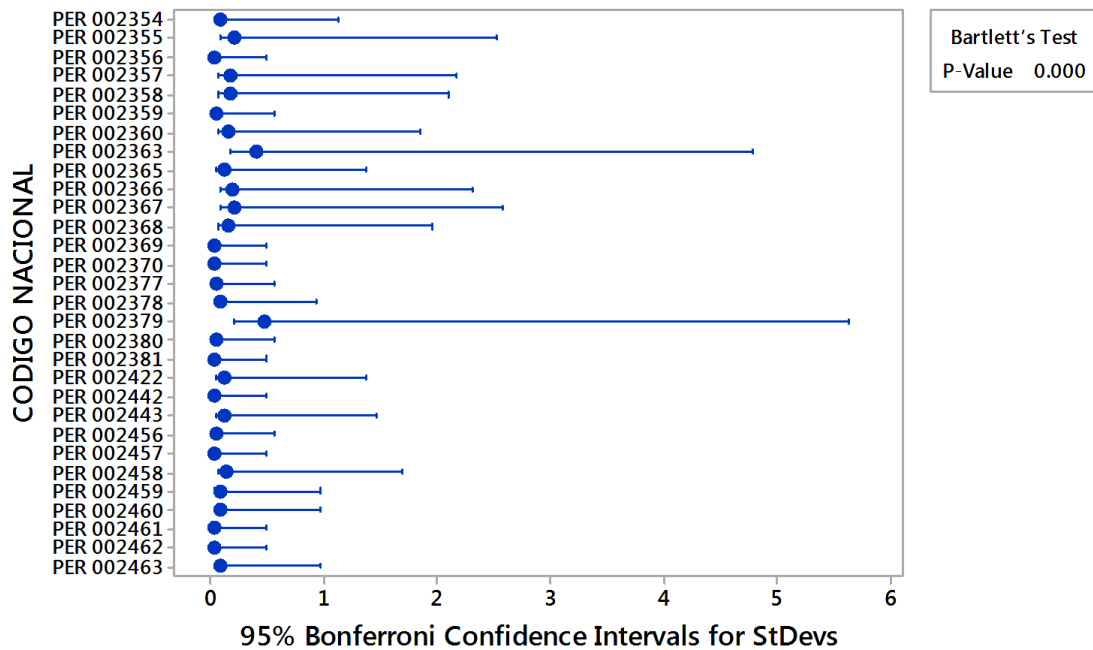
**3.2.14. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de amilopectina con DMSO (%).**



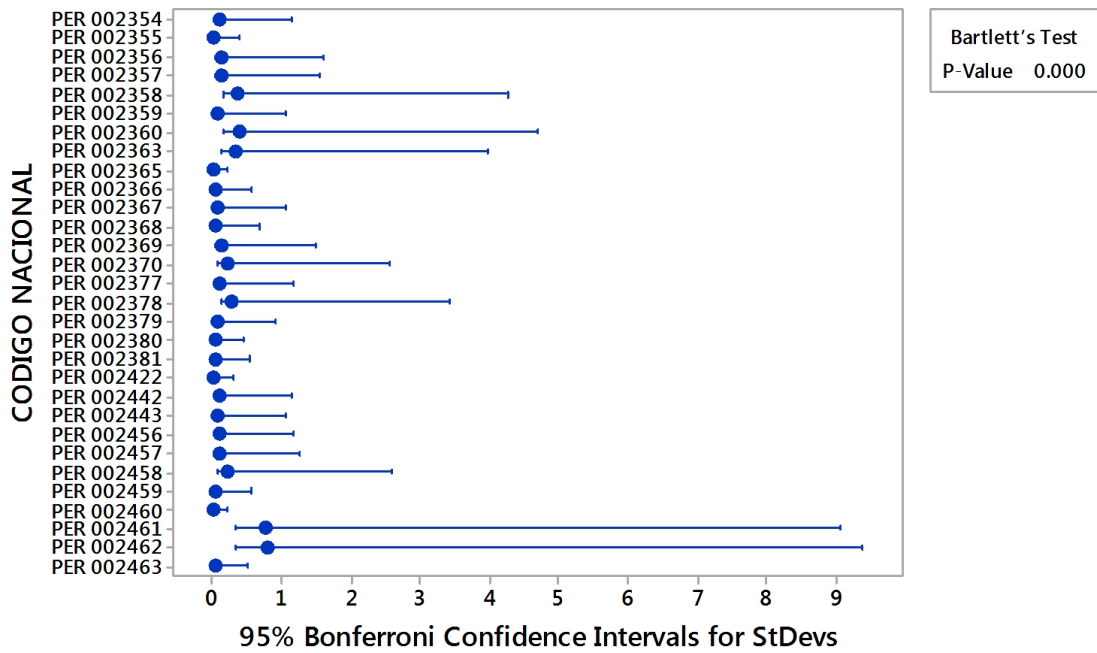
**3.2.15. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de amilosa con NaOH (%).**



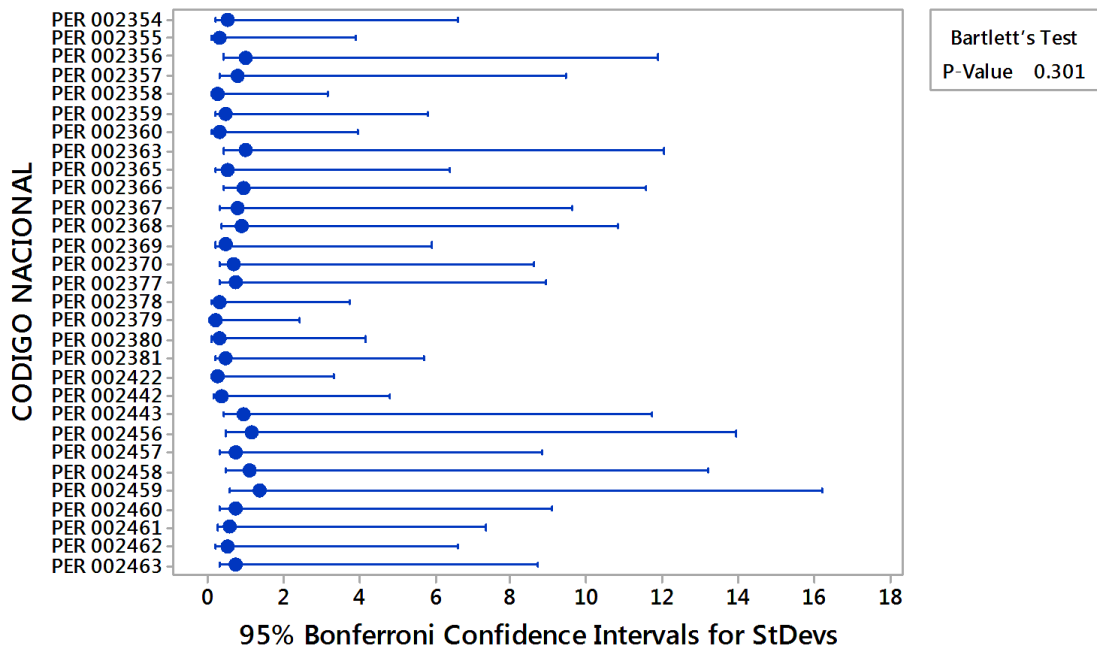
**3.2.16. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de amilopetina con NaOH(%).**



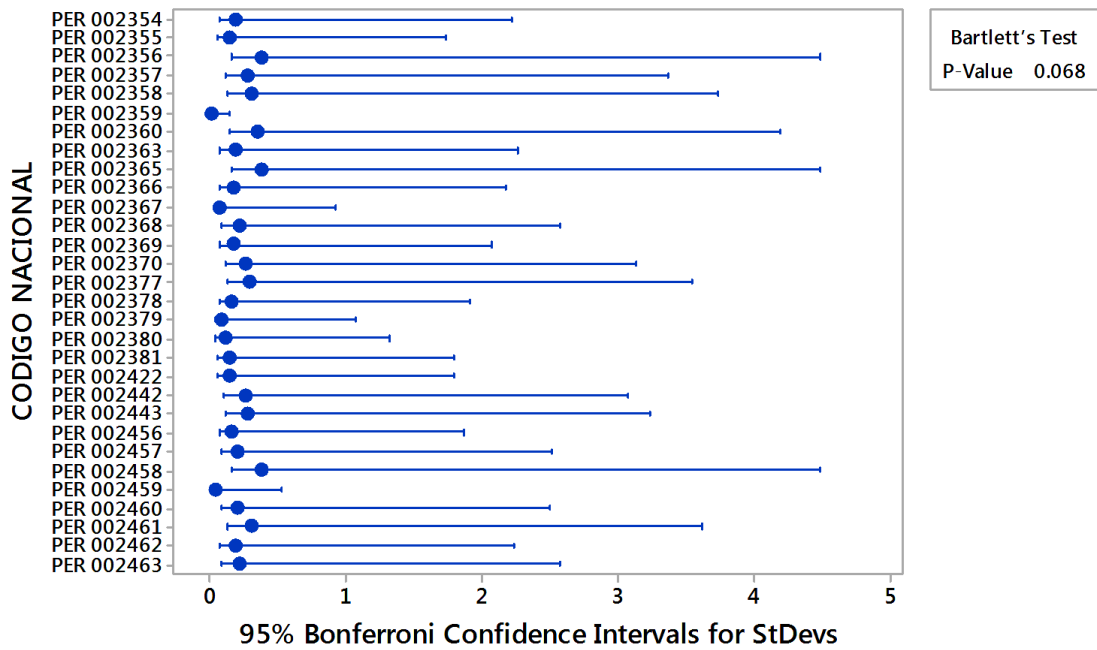
**3.2.17. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de los azúcares reductores (g de glucosa/100g db).**



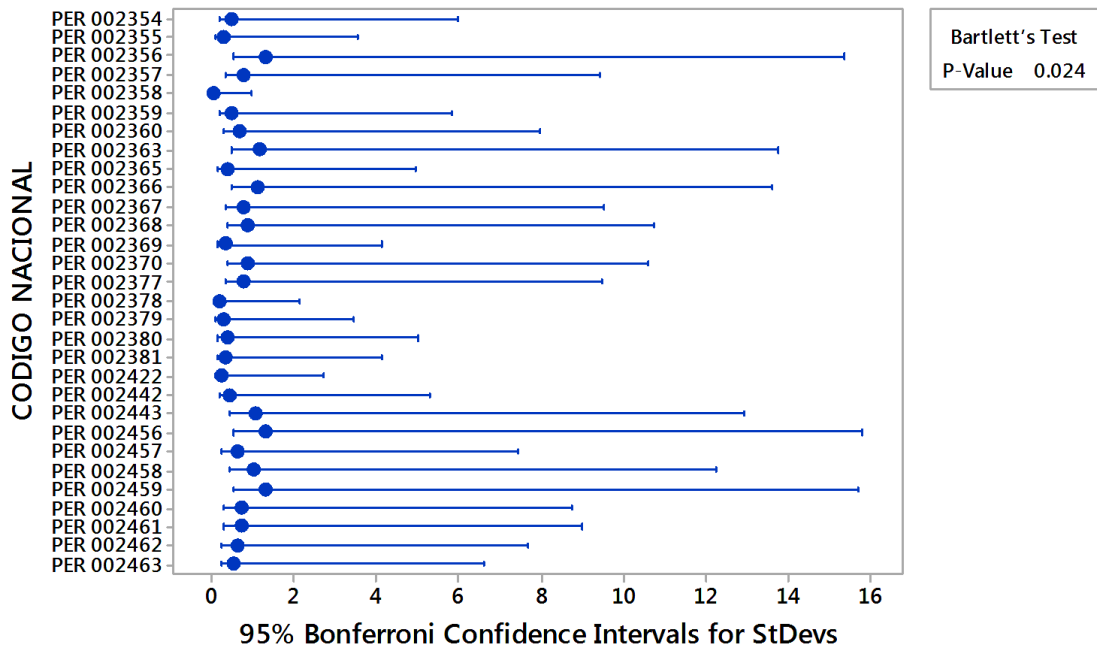
**3.2.18. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de la FDI (%).**



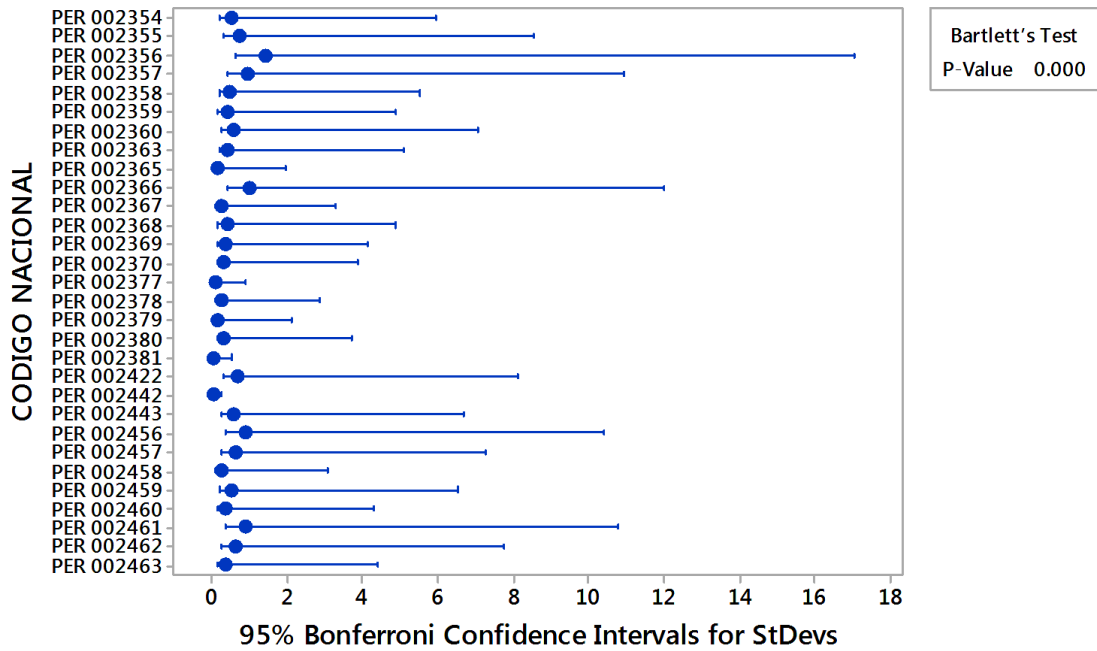
**3.2.19. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de la FDS (%).**



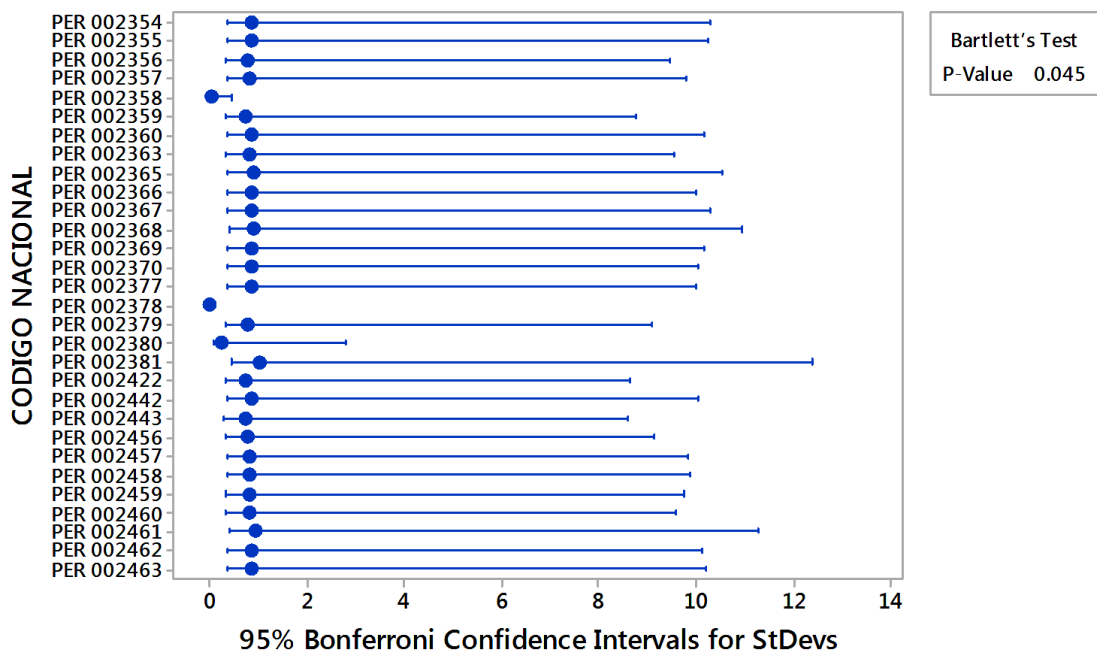
**3.2.20. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de la FDT (%).**



**3.2.21. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de los fenólicos totales (mg GAE/100g db).**

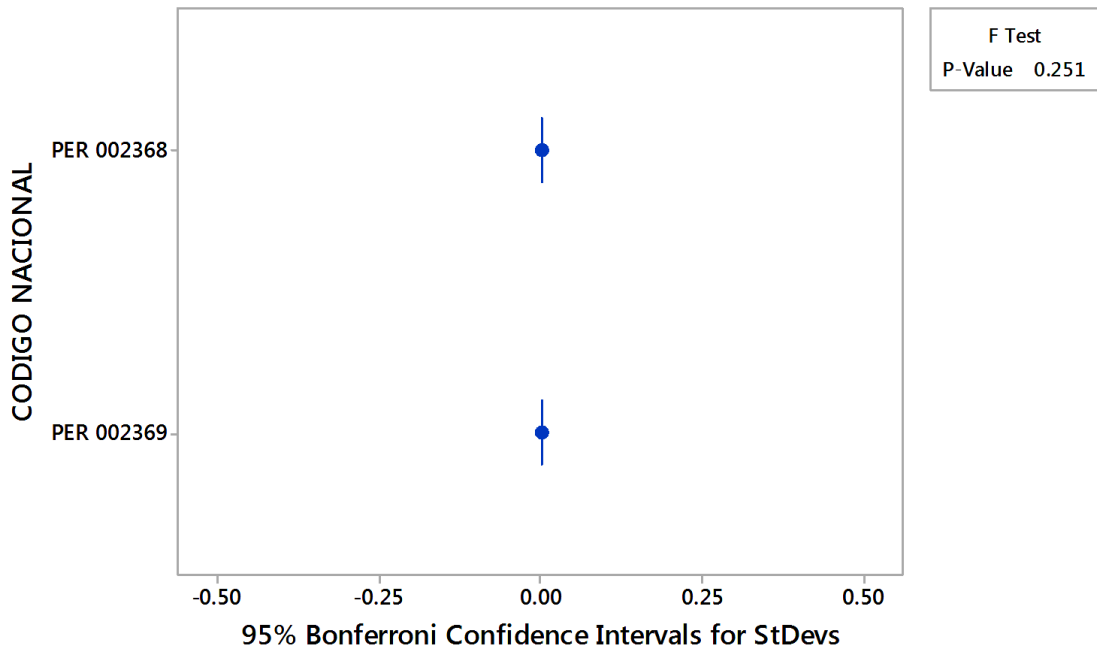


**3.2.22. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de los flavonoides (mg CE/100g db).**

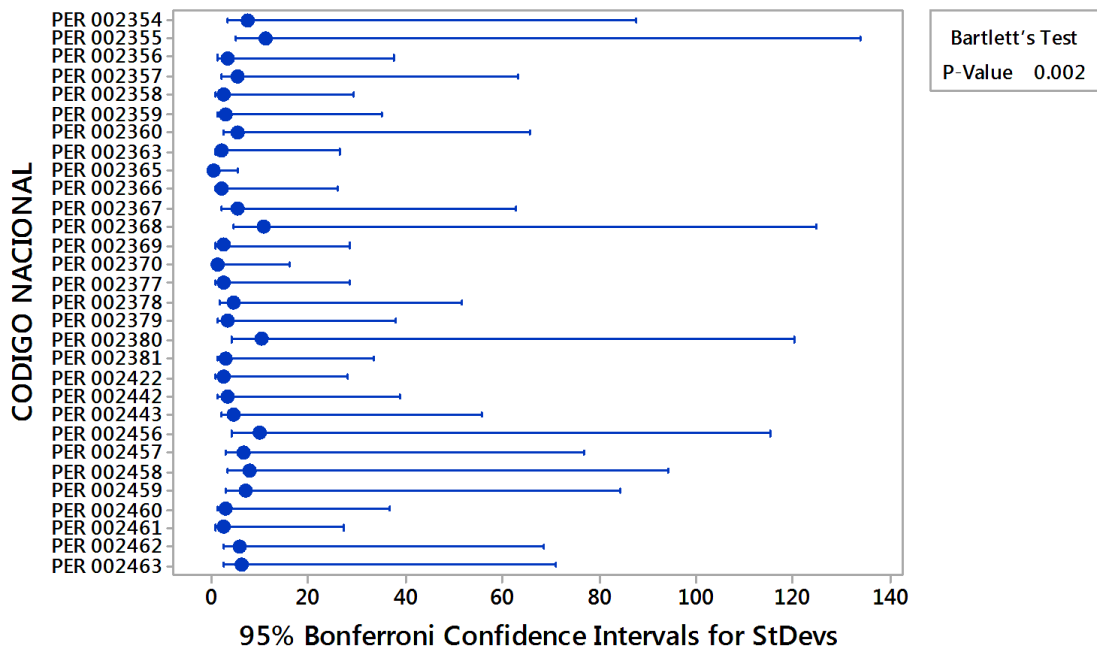




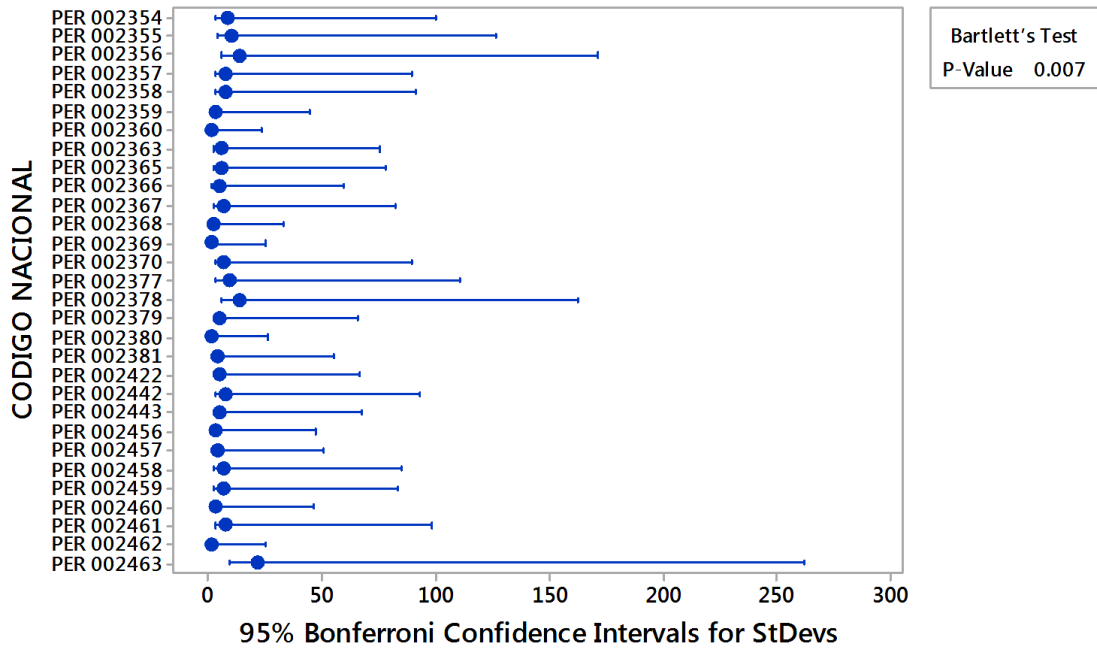
**3.2.23. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de las betalaínas (mg/100g db).**



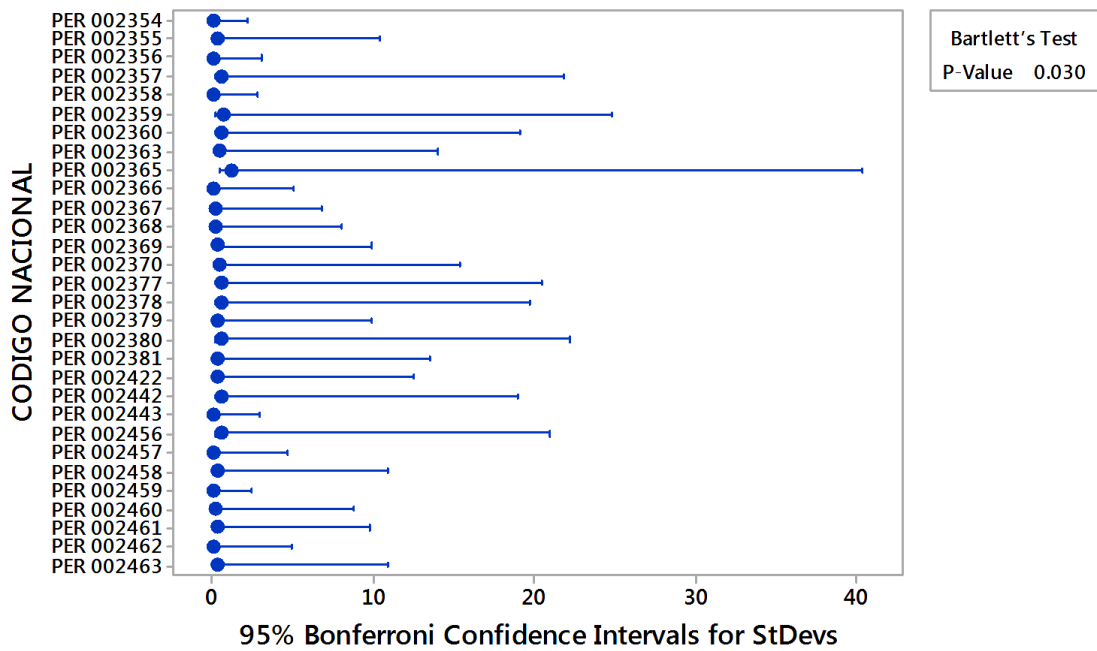
**3.2.24. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de la capacidad antioxidante según DPPH ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ).**



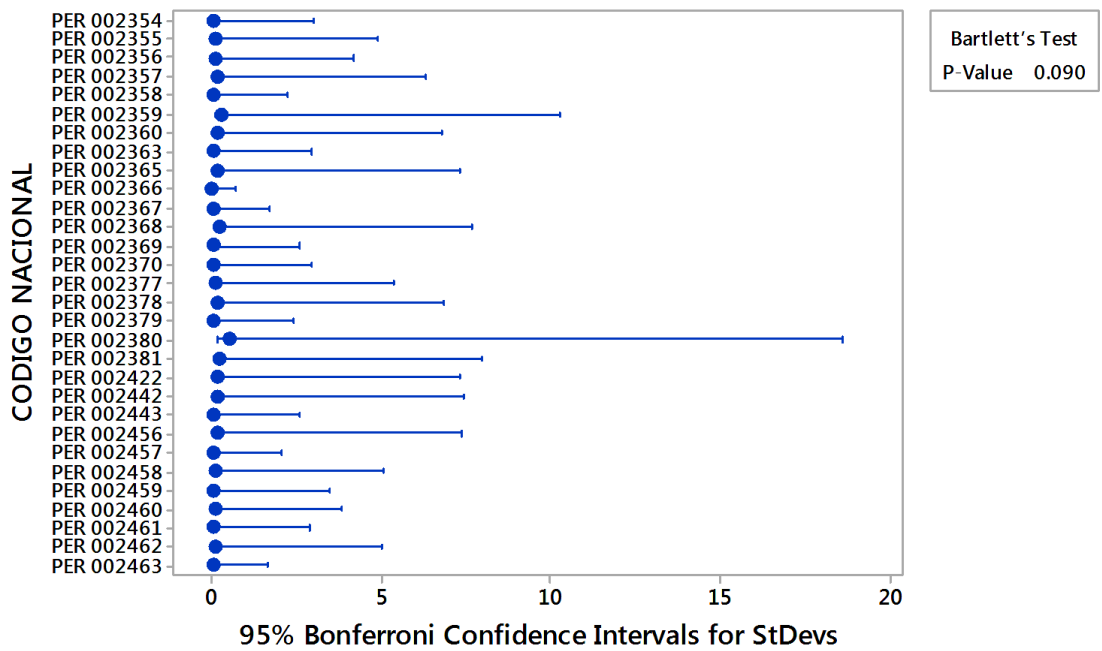
**3.2.25. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de la capacidad antioxidante según ABTS ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ).**



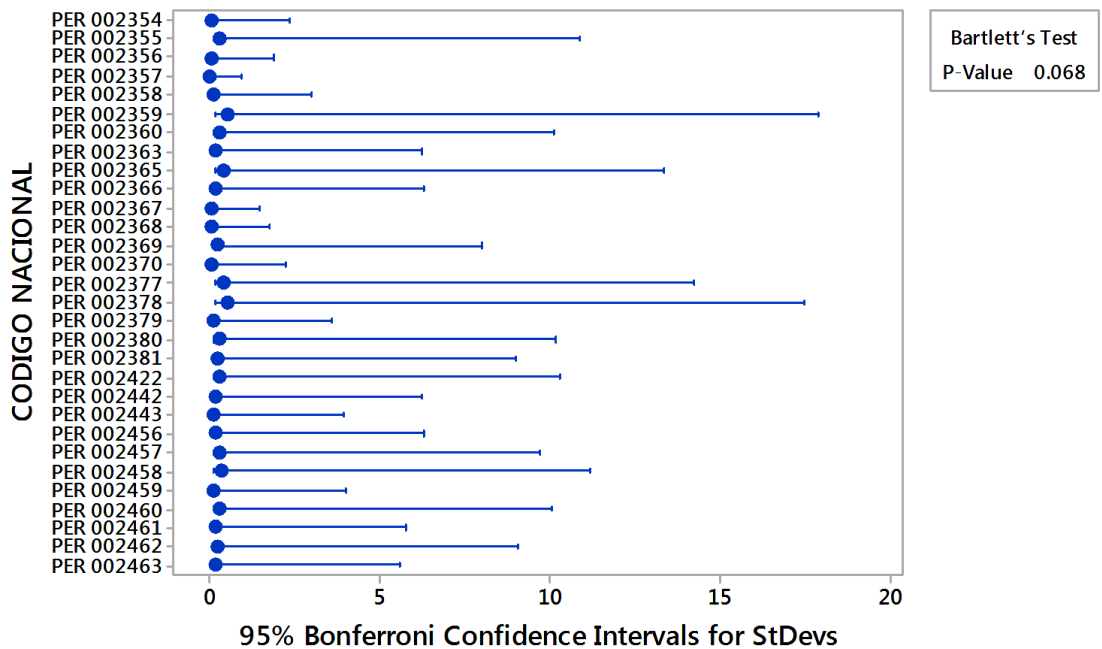
**3.2.26. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de los valores de L\*.**



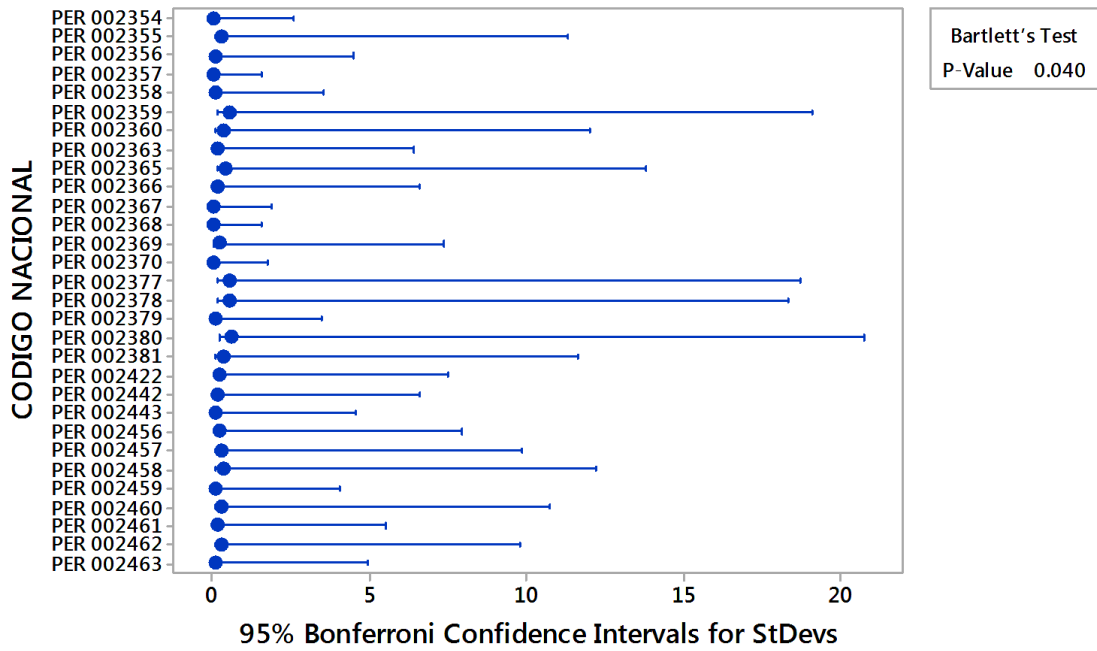
**3.2.27. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de los valores de a\*.**



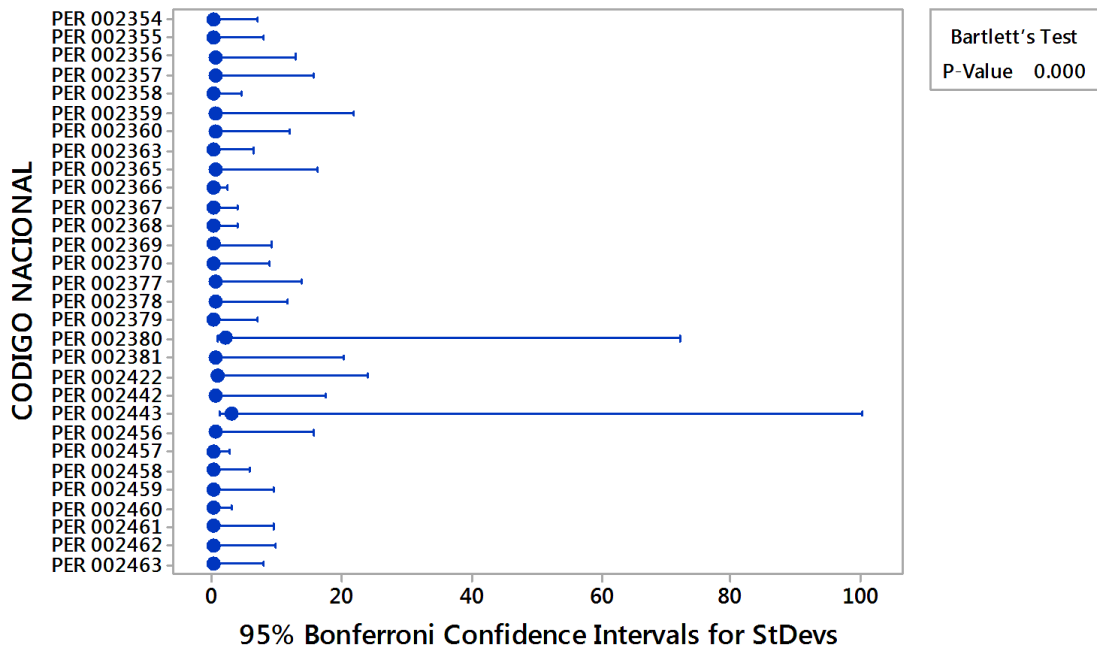
**3.2.28. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de los valores de b\*.**



**3.2.29. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de los valores de C\*.**

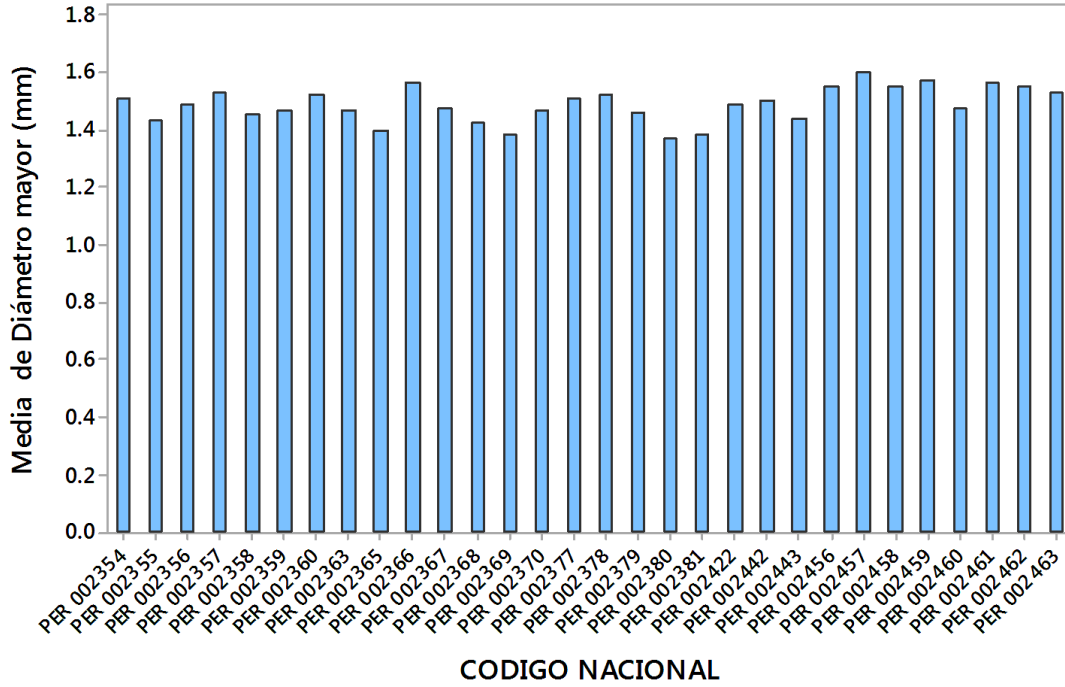


**3.2.30. Análisis estadístico de homogeneidad de varianzas de los valores de h.**

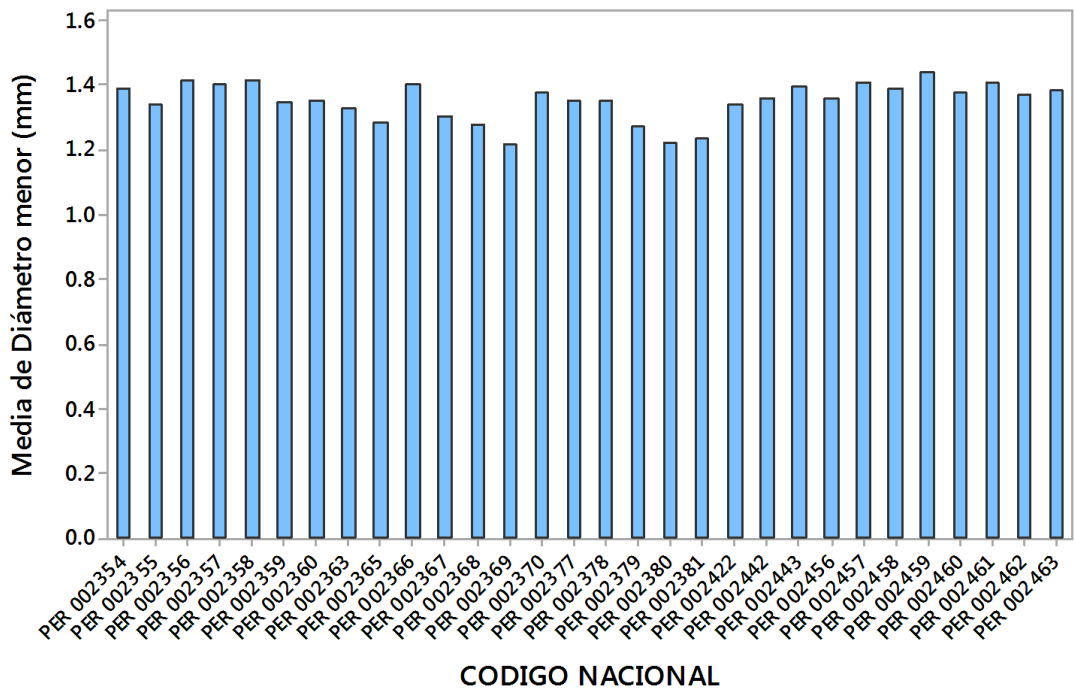


### 3.3. Gráfica de medias de los resultados de 30 accesiones.

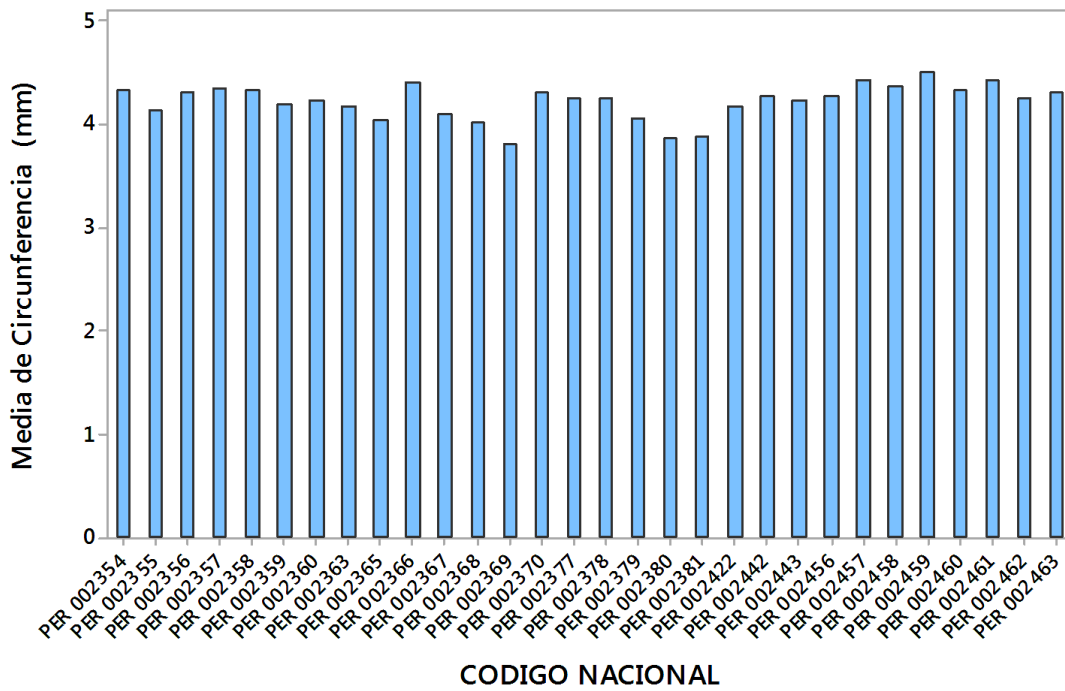
#### 3.3.1. Gráfica de media del diámetro mayor (mm).



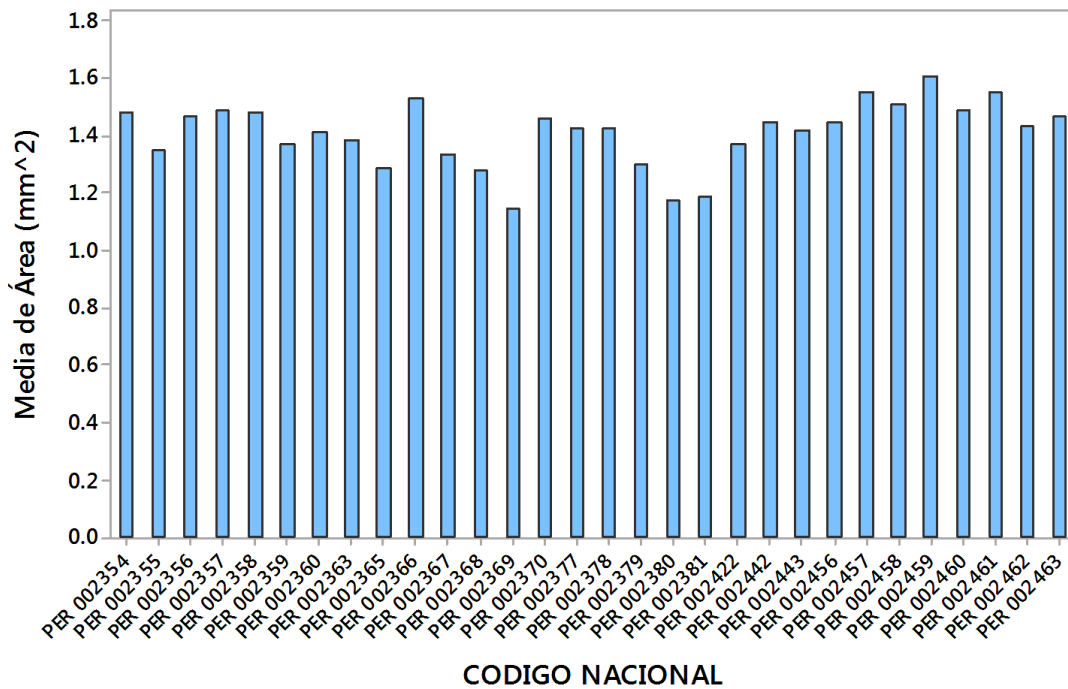
#### 3.3.2. Gráfica de media del diámetro menor (mm).



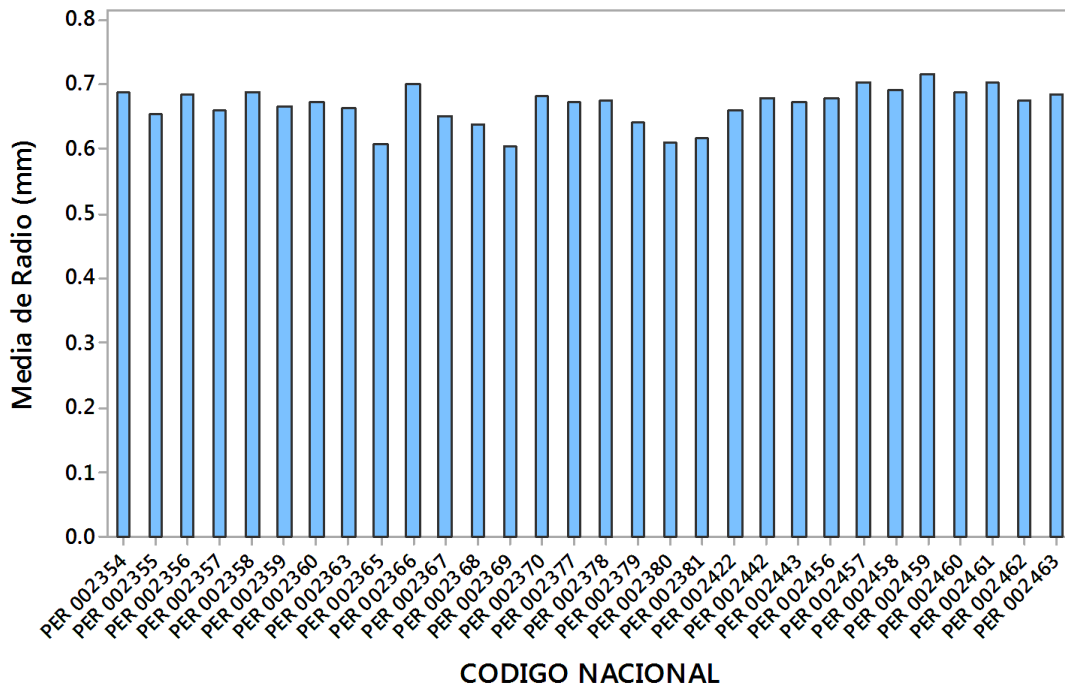
### 3.3.3. Gráfica de media de la circunferencia (mm).



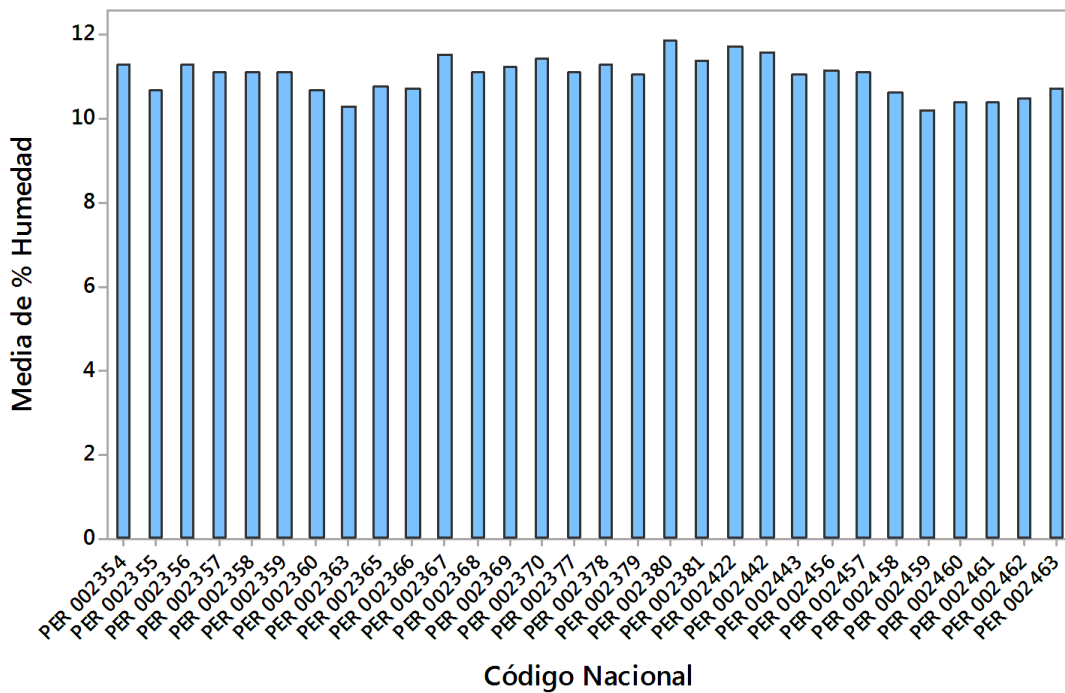
### 3.3.4. Gráfica de media del área (mm<sup>2</sup>).



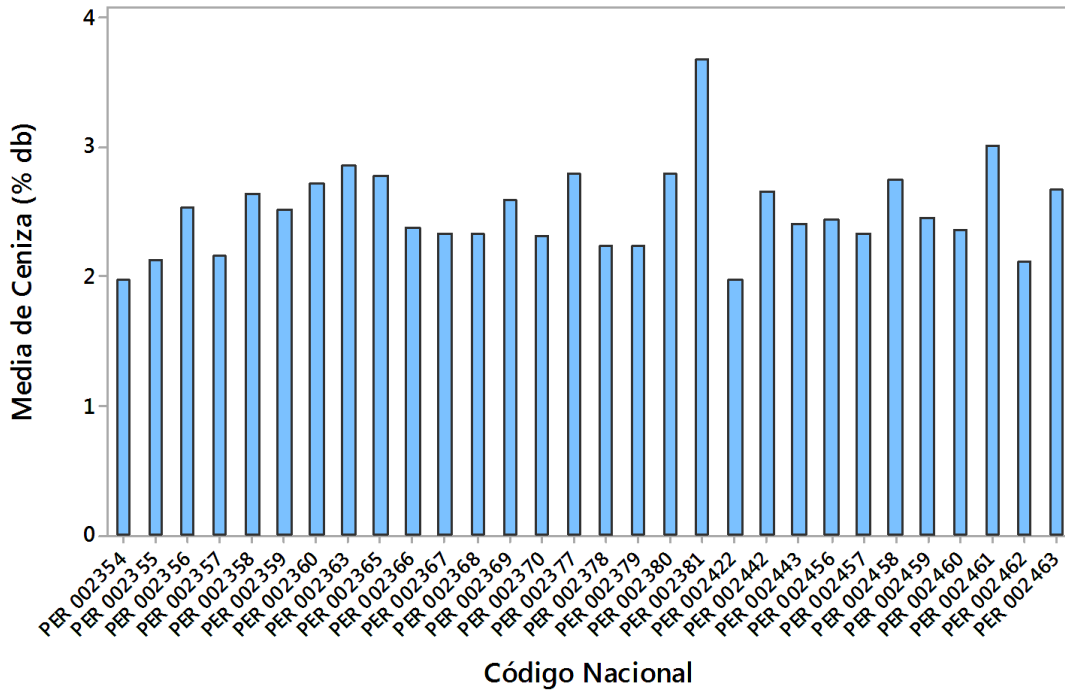
### 3.3.5. Gráfica de media del radio (mm).



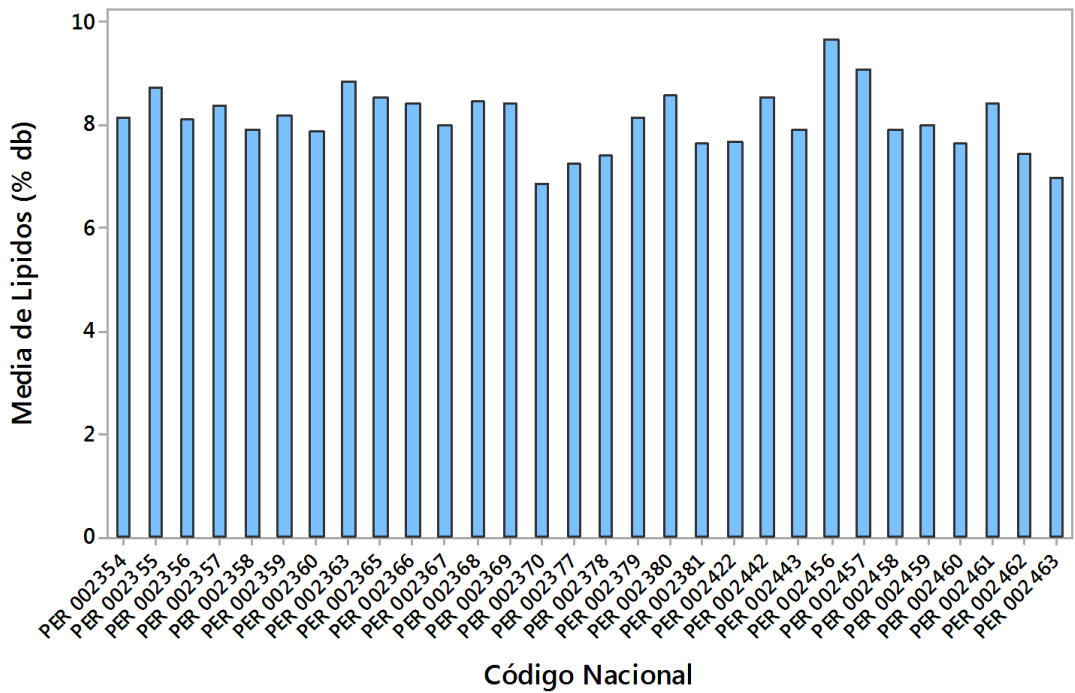
### 3.3.6. Gráfica de media del contenido de humedad (%).



**3.3.7. Gráfica de media del contenido de ceniza (% db).**

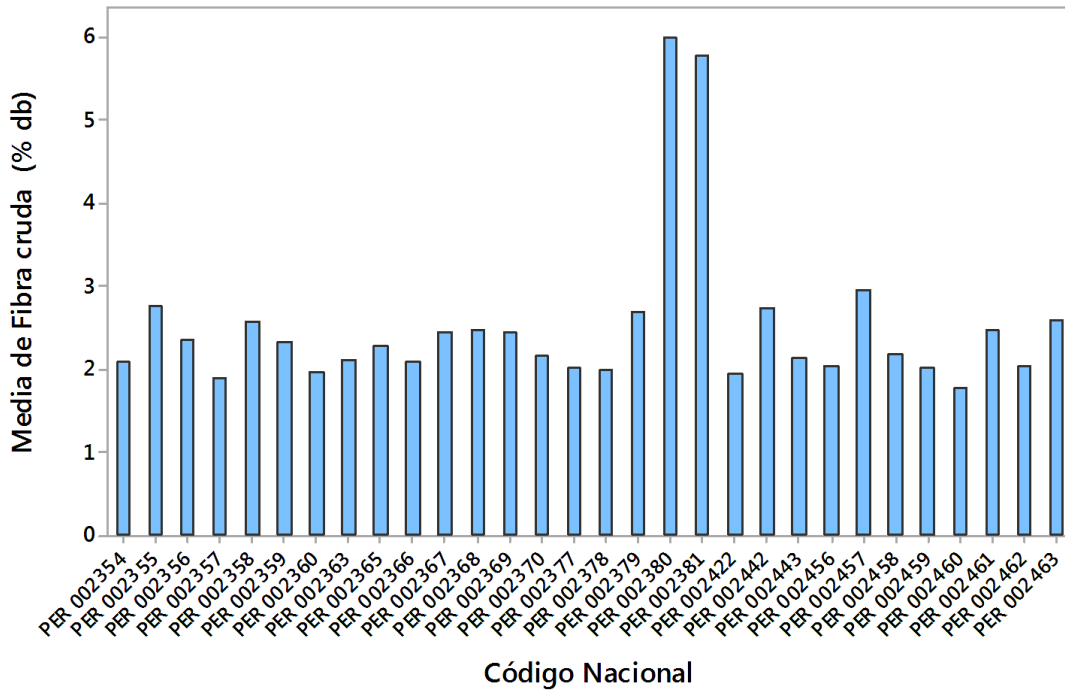


**3.3.8. Gráfica de media del contenido de lípidos (% db).**

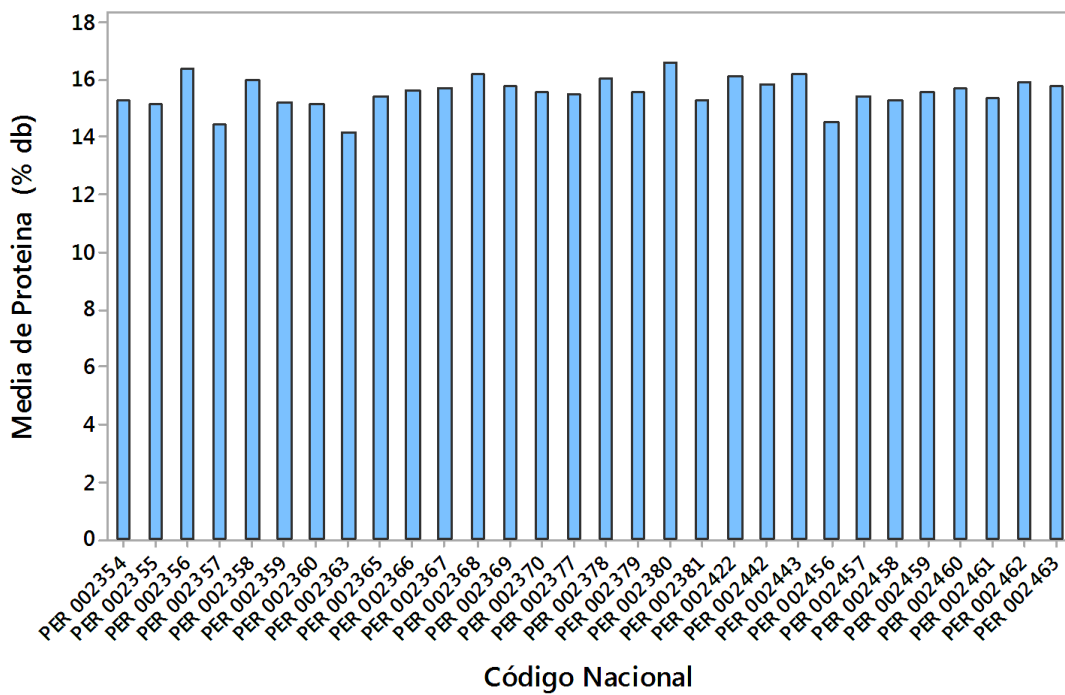




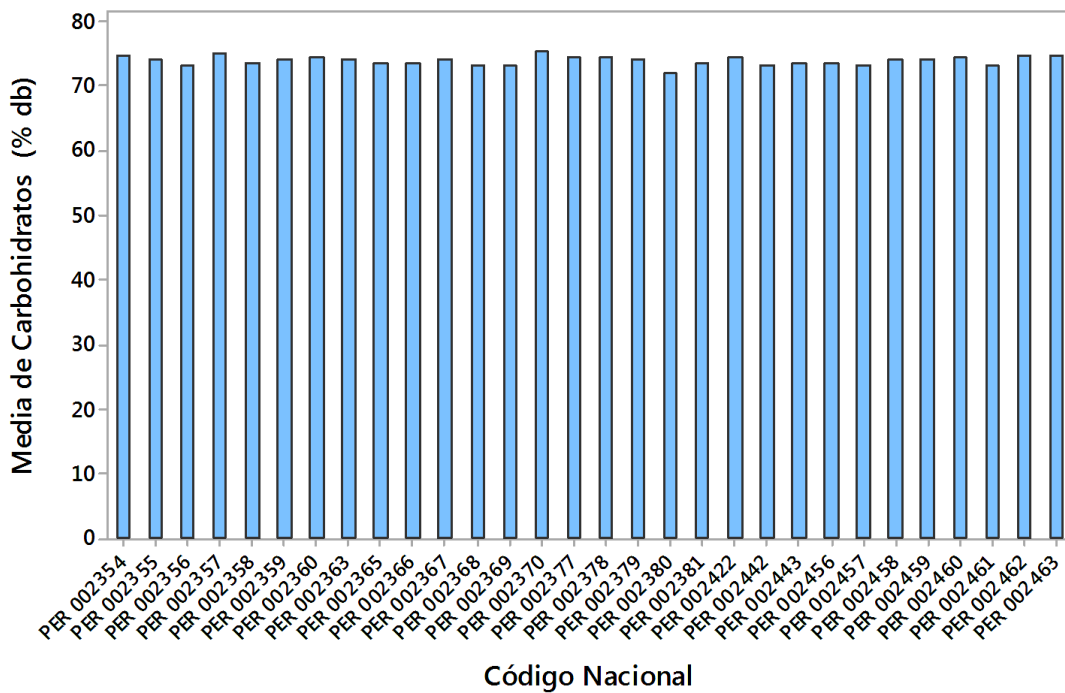
**3.3.9. Gráfica de media del contenido de fibra cruda (% db).**



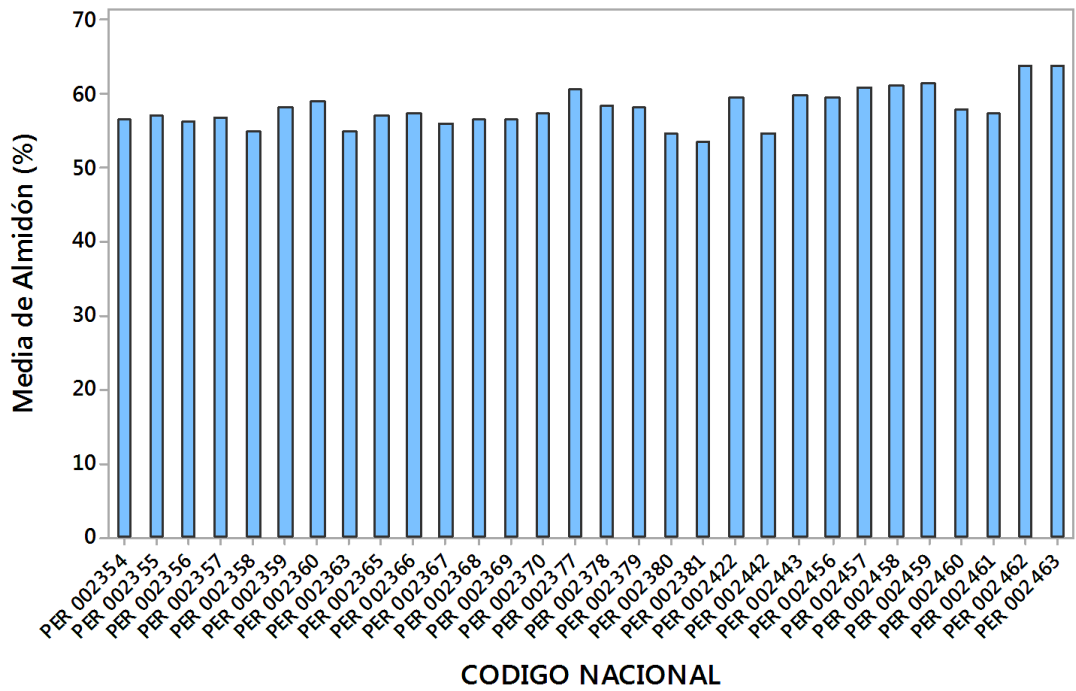
**3.3.10. Gráfica de media del contenido de proteína (% db).**



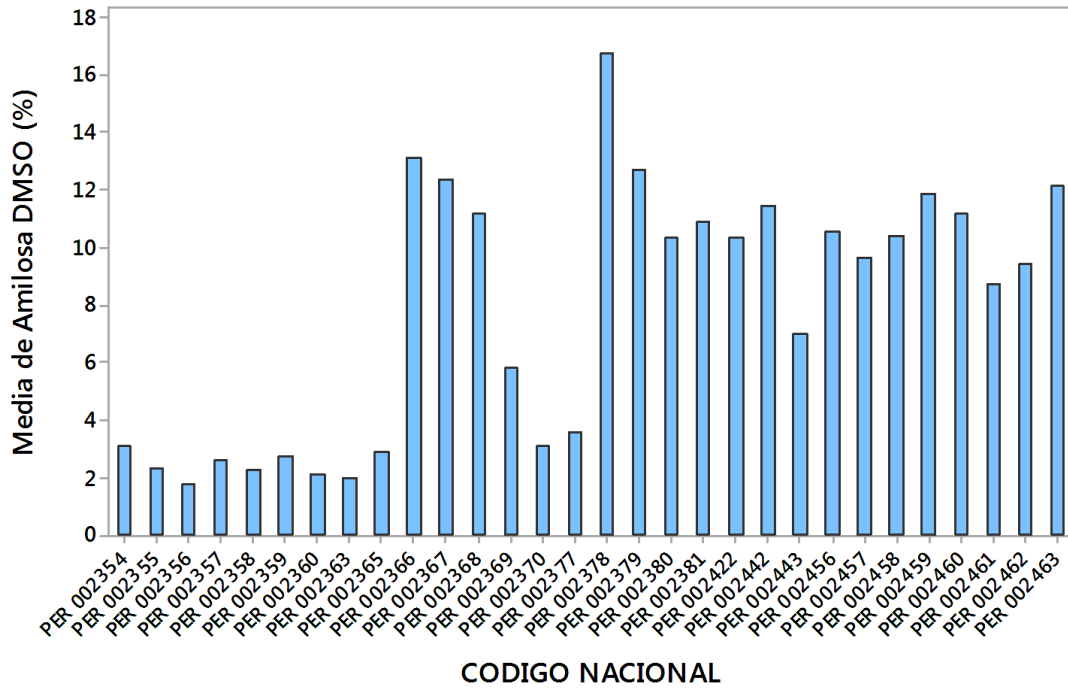
**3.3.11. Gráfica de media de los carbohidratos (% db).**



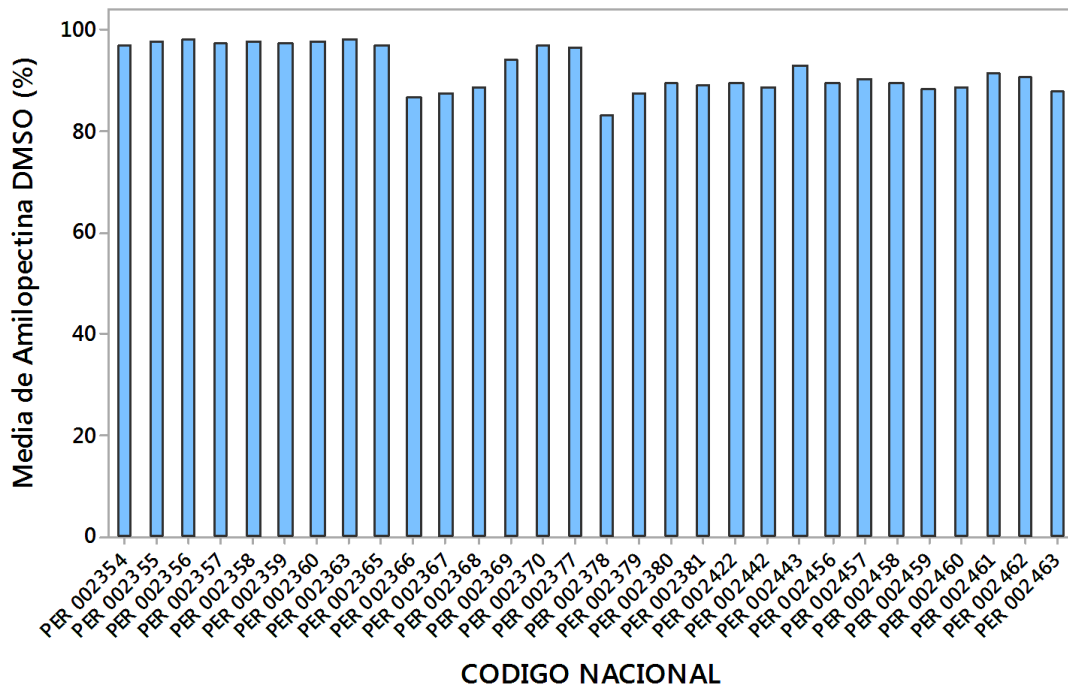
**3.3.12. Gráfica de media del contenido del almidón (% db).**



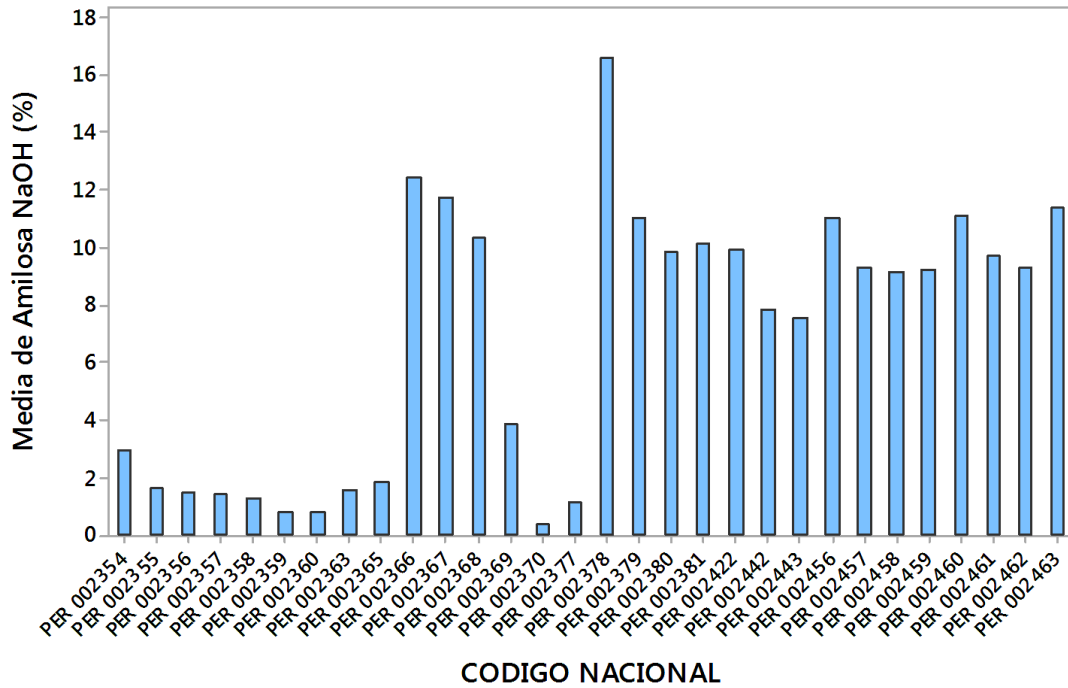
**3.3.13. Gráfica de media del contenido de amilosa con DMSO (%).**



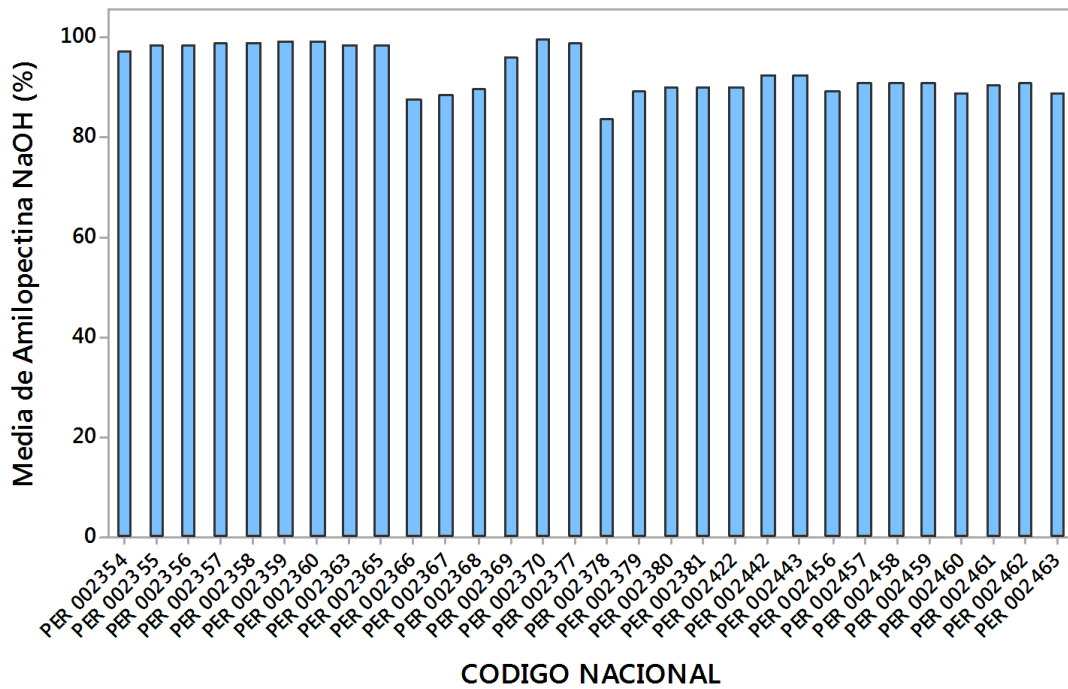
**3.3.14. Gráfica de media del contenido de amilopectina con DMSO (%).**



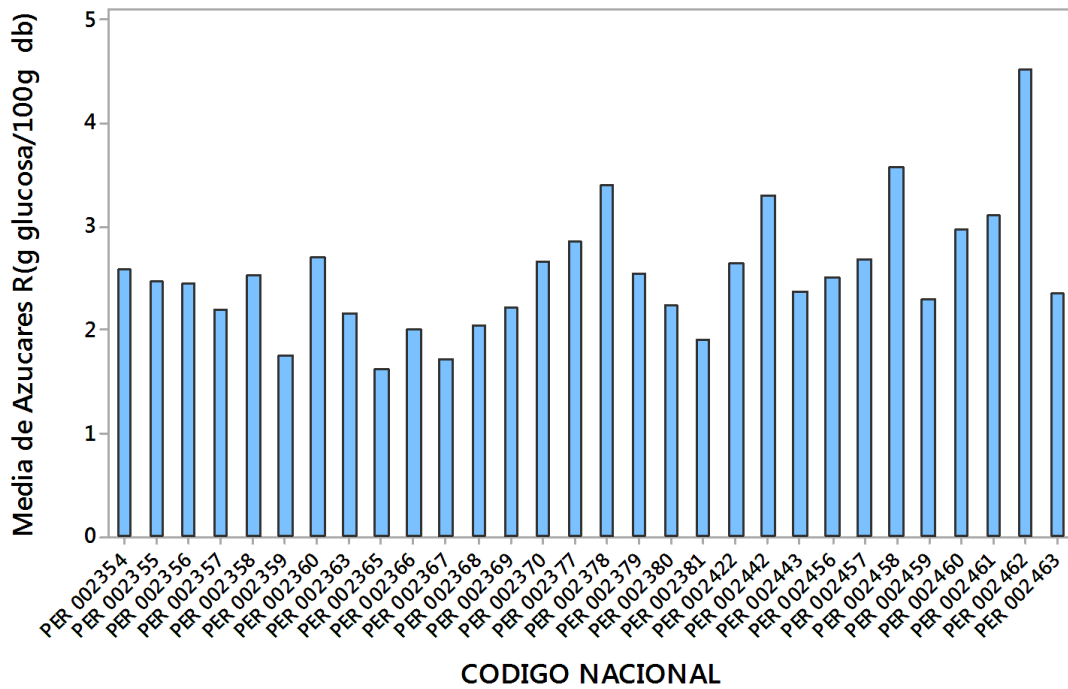
**3.3.15. Gráfica de media del contenido de amilosa con NaOH (%).**



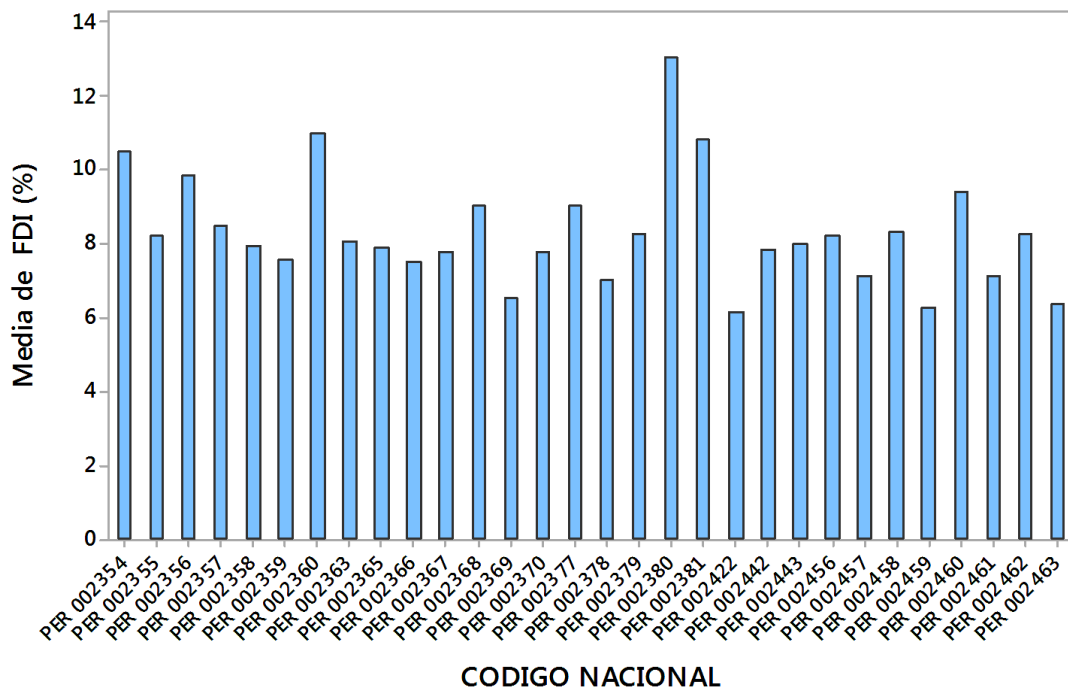
**3.3.16. Gráfica de media del contenido de amilopectina con NaOH (%).**



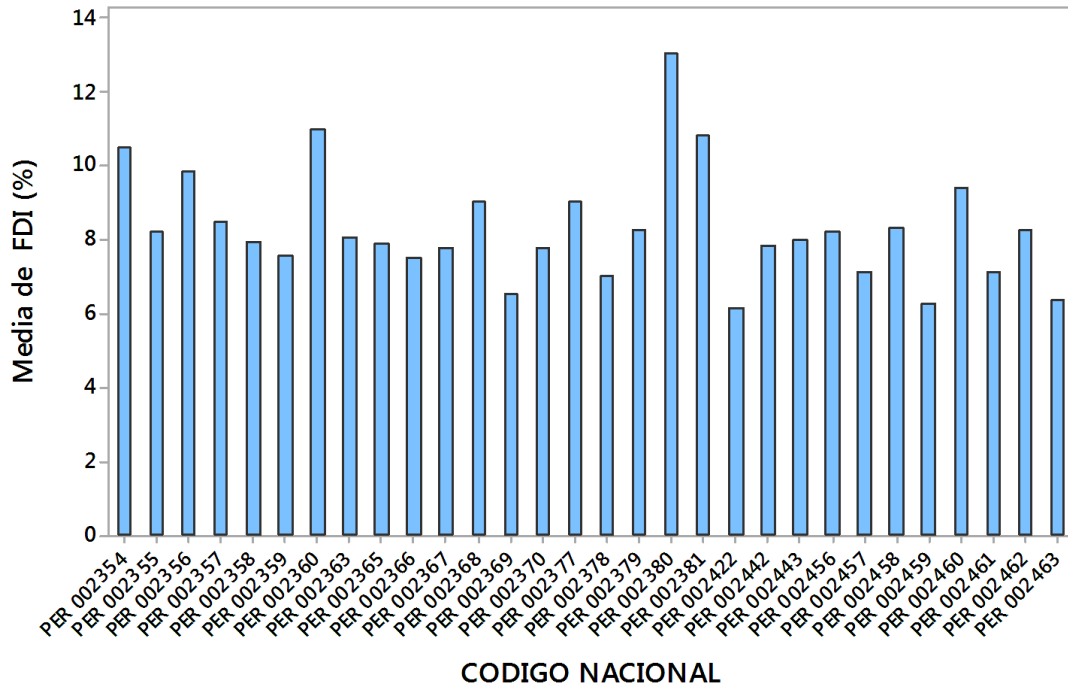
**3.3.17. Gráfica de media del contenido de azúcares reductores (mg CE/100g db).**



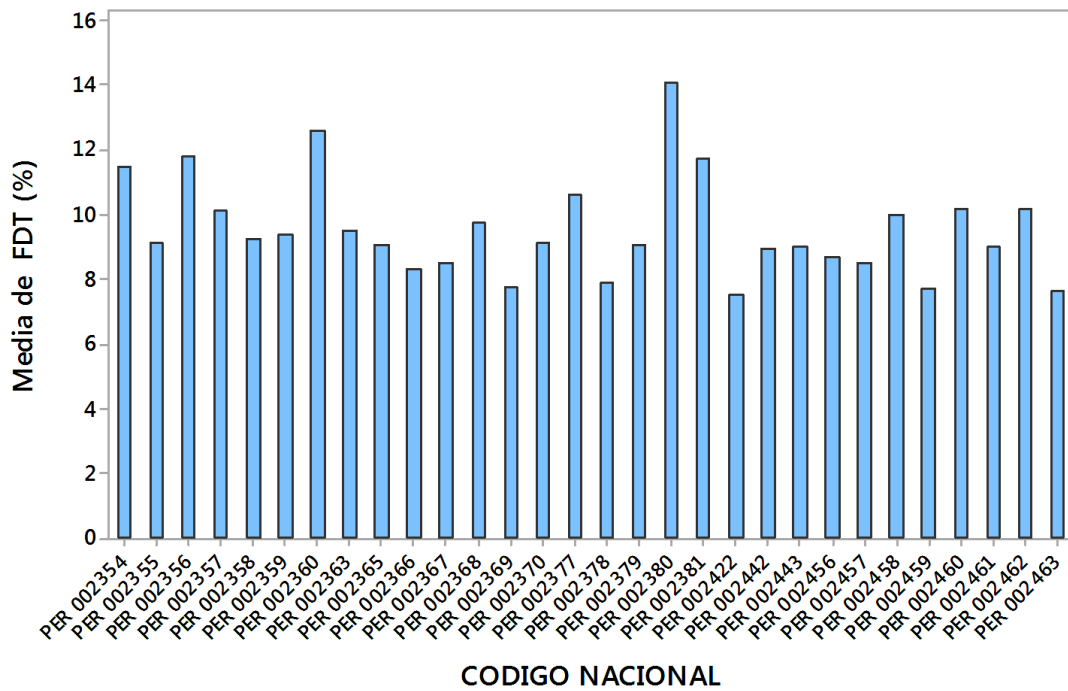
**3.3.18. Gráfica de media del contenido de FDI (%).**



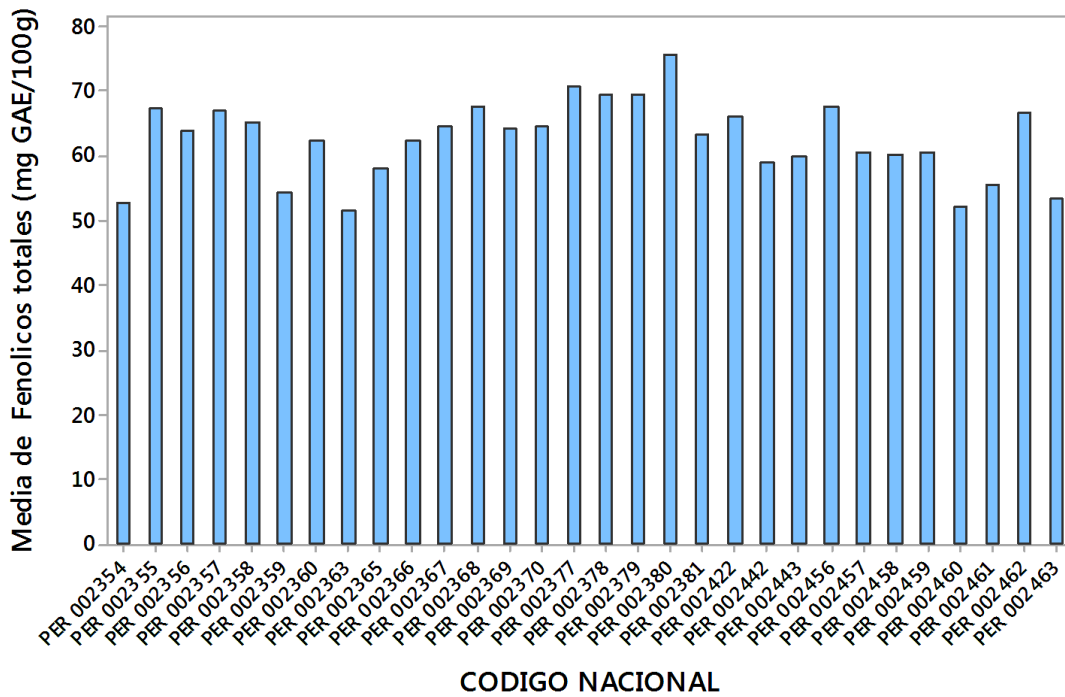
**3.3.19. Gráfica de media del contenido de FDS (%).**



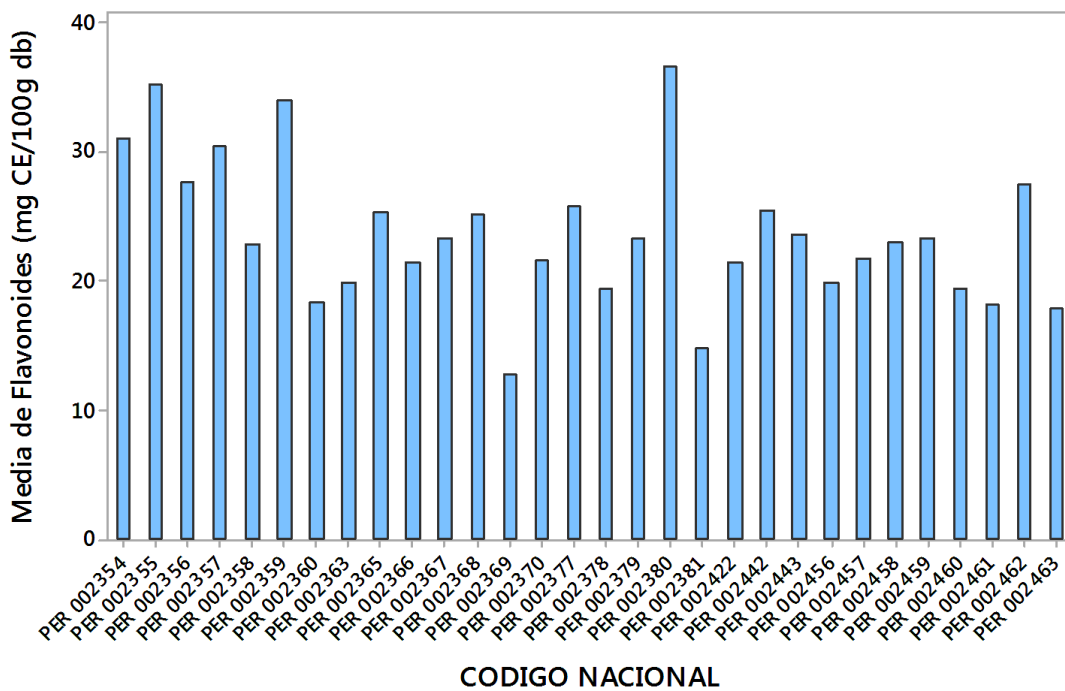
**3.3.20. Gráfica de media del contenido de FDT (%).**



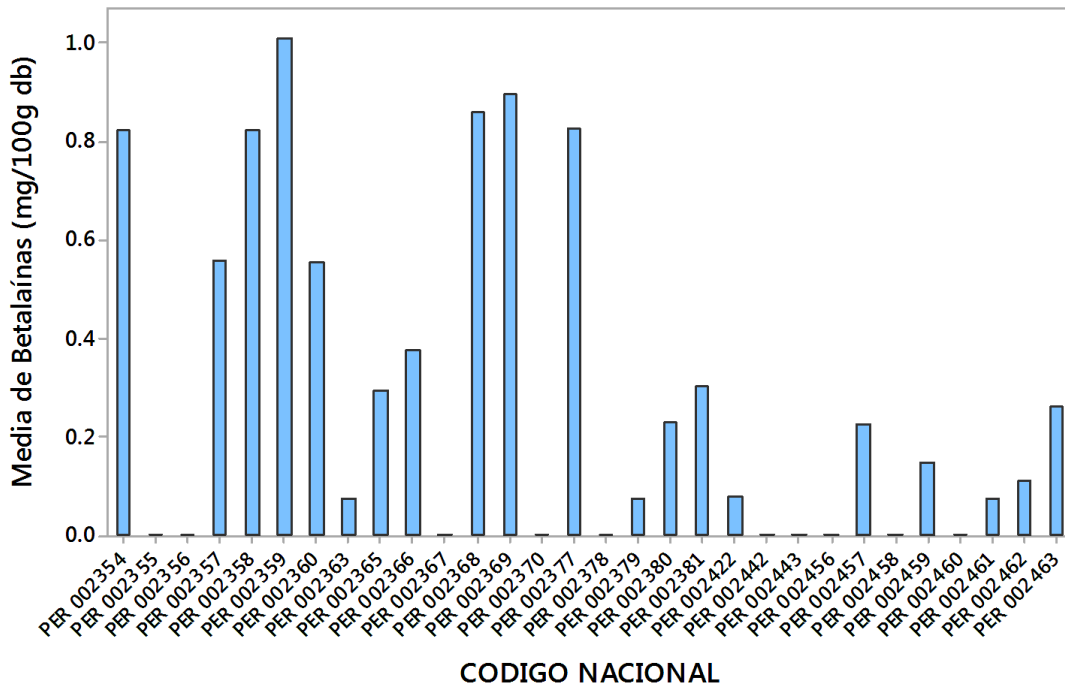
**3.3.21. Gráfica de media del contenido de los fenólicos totales (mg GAE/100g db).**



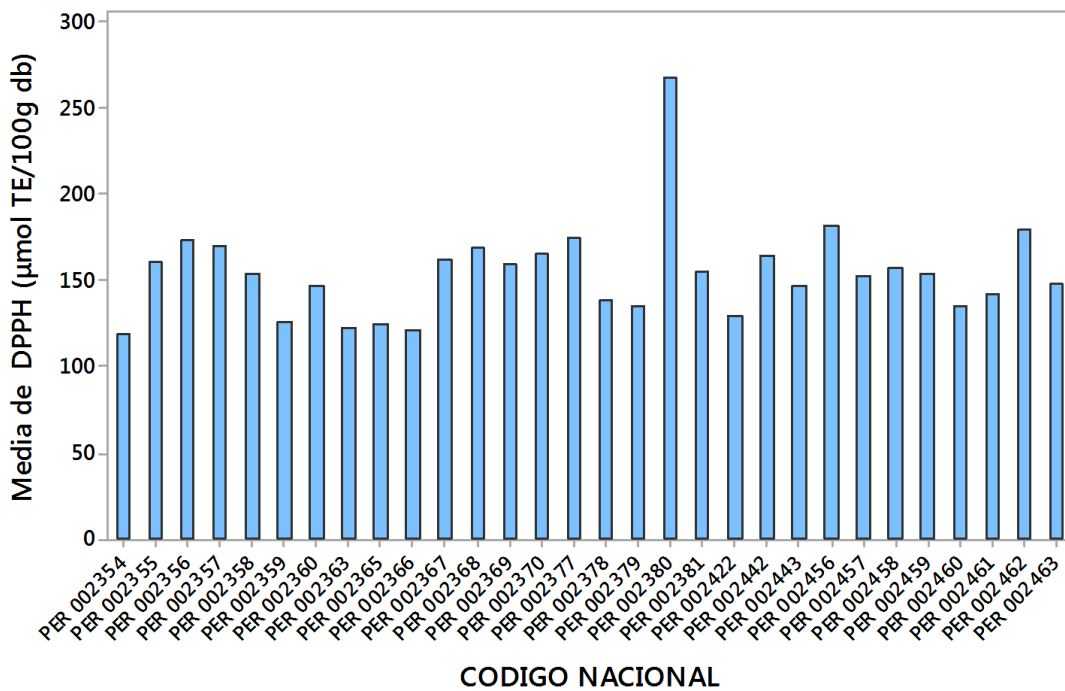
**3.3.22. Gráfica de media del contenido de los flavonoides (mg CE/100g db).**



**3.3.23. Gráfica de media del contenido de betalaínas (mg/100g db).**

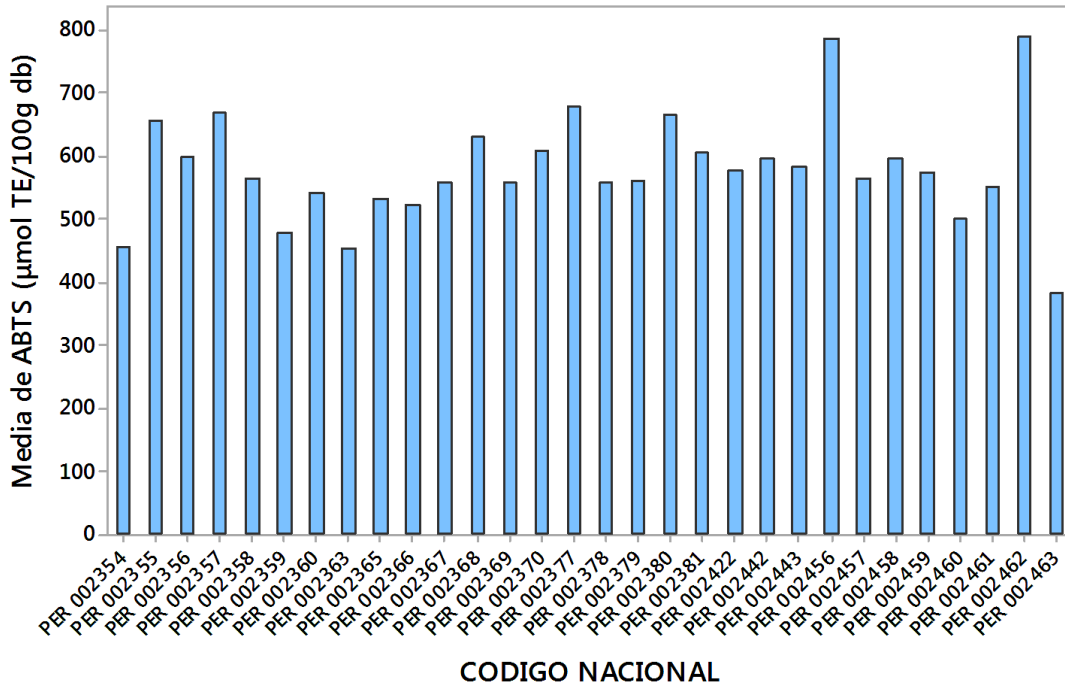


**3.3.24. Gráfica de media de los valores de la capacidad antioxidante según DPPH ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ).**

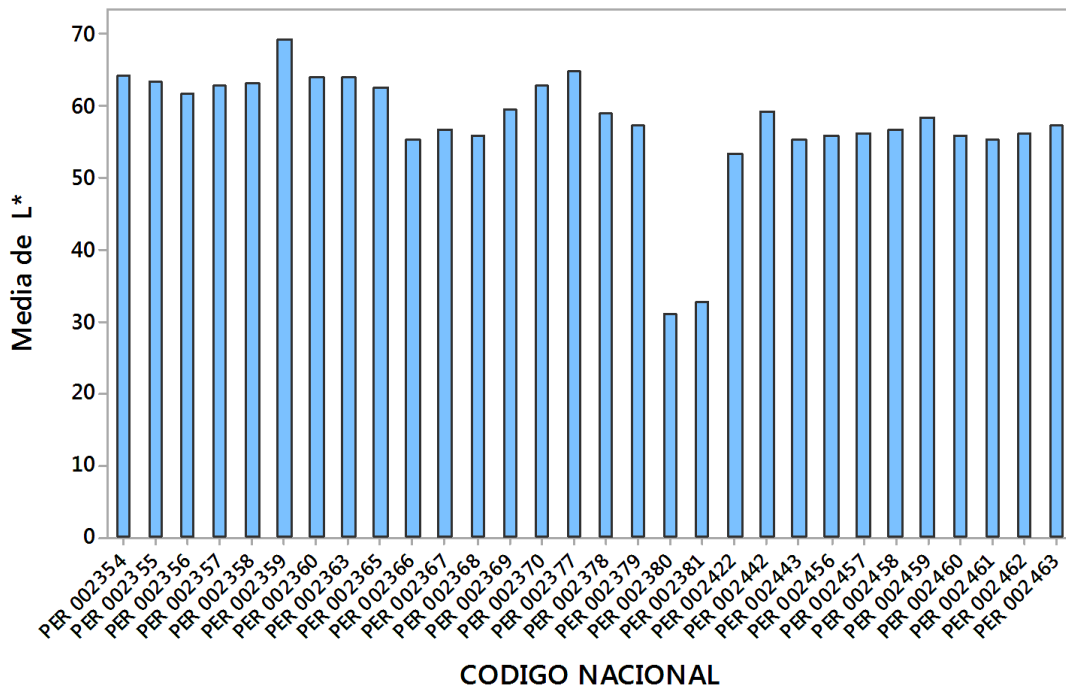




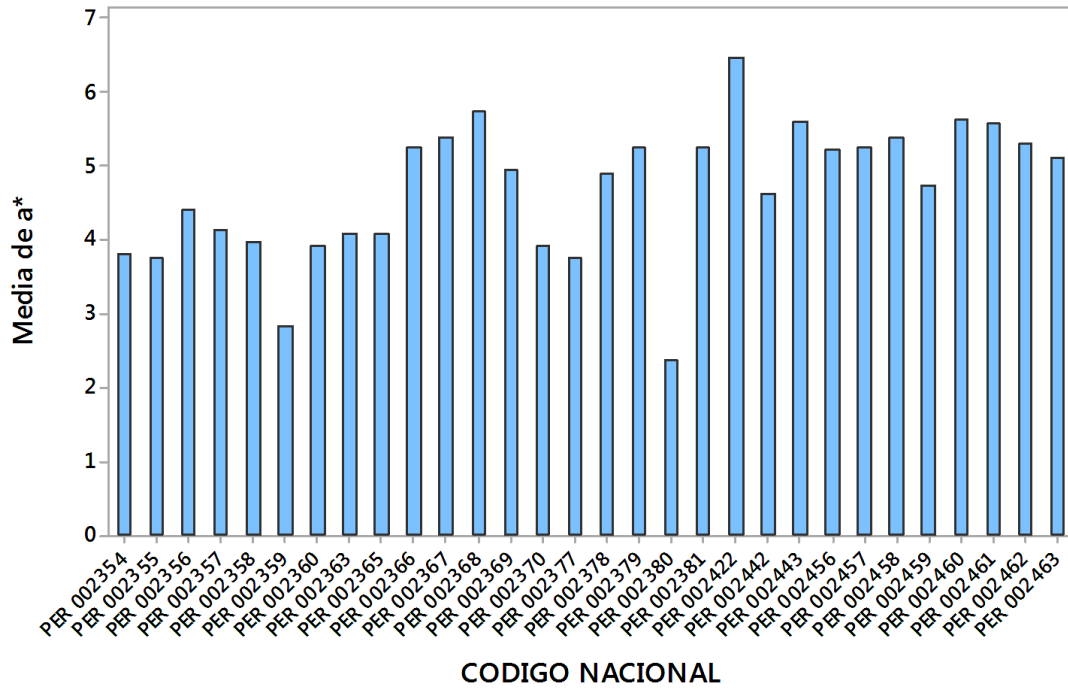
**3.3.25. Gráfica de media de los valores de la capacidad antioxidante según ABTS ( $\mu\text{mol TE}/100\text{g db}$ ).**



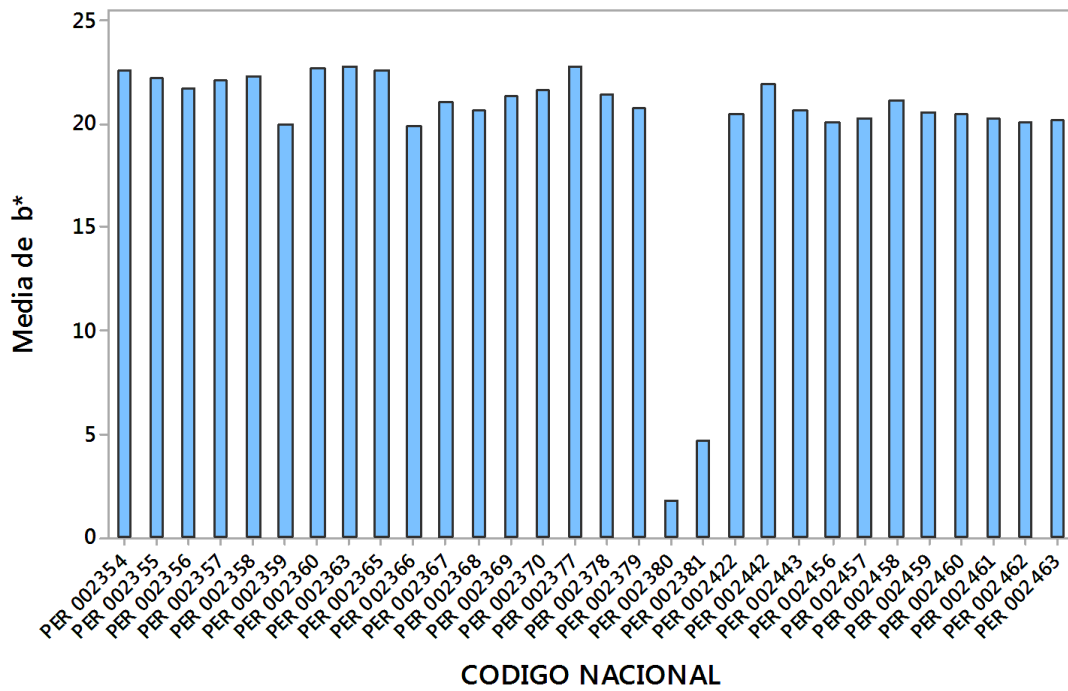
**3.3.26. Gráfica de media de los valores de L\*.**



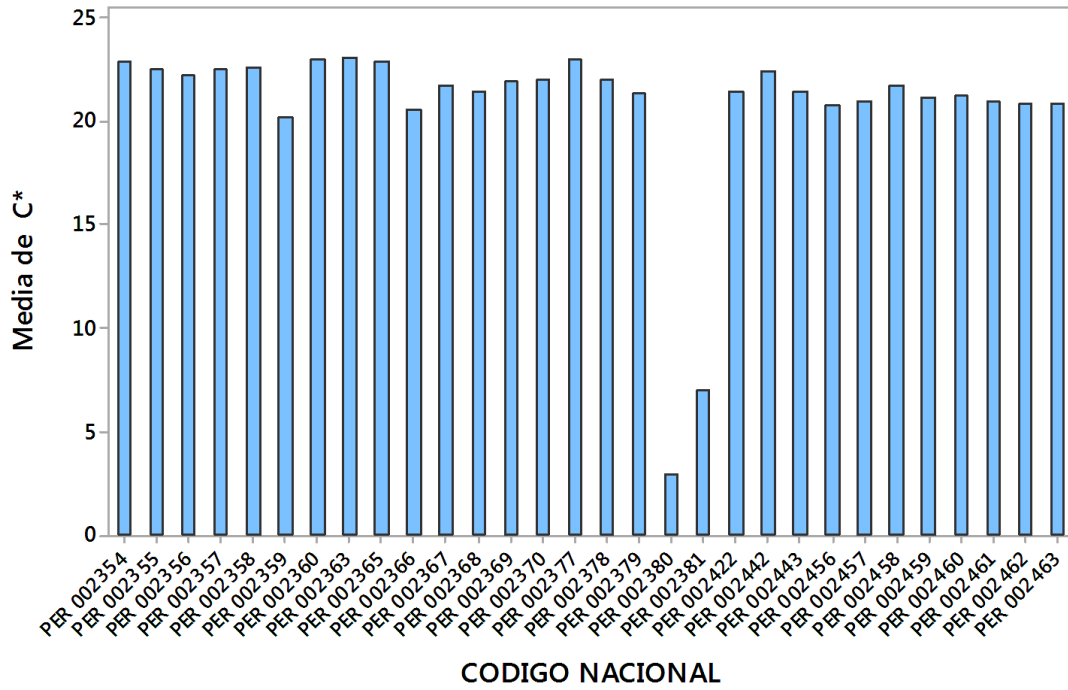
**3.3.27. Gráfica de media de los valores de a\*.**



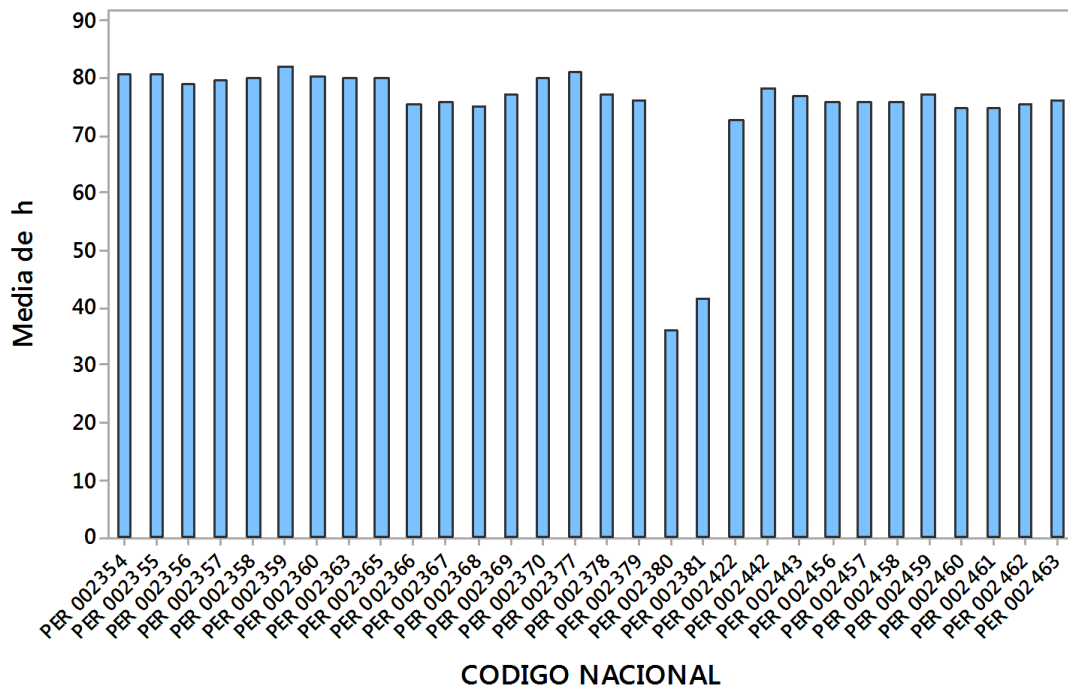
**3.3.28. Gráfica de media de los valores b\*.**



**3.3.29. Gráfica de media de los valores C\*.**



**3.3.30. Gráfica de media de los valores de h.**



#### Anexo 4.

### Flujograma de operaciones para determinación de FDI y FDS (siguiendo la metodología de kit Megazyme)

